HELHa
Haute École Louvain en Hainaut



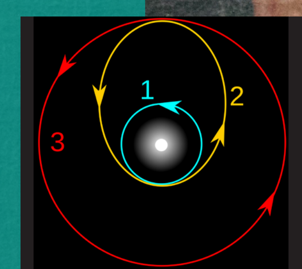
Revue des

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

ISSN 0035-2160

Actualité, histoire et philosophie des sciences

Tome 192 - 2021 - N°3-4







Bureau de dépôt : B 5310 Éghezée – Agréation n°P207124

RÉDACTEUR EN CHEF :

Jean-François Stoffel
Haute école Louvain-en-Hainaut – Domaine de la santé
Rue Trieu Kaisin, 136 – 6061 Montignies-sur-Sambre – Belgique
Courriel : stoffeljf@helha.be

GESTIONNAIRE ADMINISTRATIVE :

Université de Namur
Rue de Bruxelles, 61
BE 5000 Namur
Courriel : administration.rqs@unamur.be

GESTIONNAIRE EDITORIAL :

Benoît Amez
Haute école Louvain-en-Hainaut
Rue Trieu Kaisin, 136
BE 6061 Montignies-sur-Sambre
Courriel : amezb@helha.be

WEBMASTER :

Loris Rossi
Courriel : loris.rossi@outlook.com
Haute école Louvain-en-Hainaut

SITE INTERNET :

http://www.rqs.be

Fondée en 1877 par la Société scientifique de Bruxelles, *la Revue des questions scientifiques* est une publication périodique trimestrielle toujours publiée par ladite Société, avec le soutien du domaine de la santé de la Haute école Louvain-en-Hainaut et de l'Université de Namur. Pluridisciplinaire et francophone, elle est une revue de haute vulgarisation scientifique, consacrée aux sciences, y compris leur actualité, leur histoire, leur philosophie et leur impact sociétal. Elle est membre de l'Association des revues scientifiques et culturelles de Belgique. Tous les manuscrits reçus sont soumis à un comité de lecture constitué d'au minimum deux experts. En fin d'année, leur nom est publié dans la Revue.

La Revue est systématiquement dépouillée par le CISMeF, l'*Index Religiosus*, l'*Index Theologicus,* le *Répertoire bibliographique de la philosophie / International Philosophical Bibliography*.

Table des matières

Analyses critiques

Un livre, deux regards

Comptes rendus

La Rédaction de la *Revue des Questions Scientifiques* remercie les experts sollicités tout au long de l'année 2021, à savoir :

Fabio Acerbi (*Centre national de la recherche scientifique*) — Michel Blay (*Centre national de la recherche scientifique*) — Jean Bricmont (*Université catholique de Louvain*) — Michel Crucifix (*Université catholique de Louvain & Académie royale de Belgique*) — Jean Dhombres (*Centre national de la recherche scientifique & École des hautes études en sciences sociales*) — Patrick Di Stefano (*Université libre de Bruxelles*) — Un relecteur anonyme (*Université catholique de Louvain*) — Hugues Goosse (*Université catholique de Louvain*) — Bertrand Hespel (*Université de Namur*) — Godofredo Iommi Amunátegui (*Pontificia universidad católica de Valparaíso*) — Nicolas Kesteman (*Haute école Louvain-en-Hainaut*) — Dominique Lambert (*Université de Namur*) — James Lequeux (*Observatoire de Paris*) — Jean-Michel Maldamé (*Académie pontificale des sciences & Académie internationale des sciences religieuses*) — Louis Marchildon (*Université du Québec*) — Laurent Mazliak (*Sorbonne Université*) — Hélène Michon (*Université de Tours - CESR*) — Alexandre Moatti (*Université Paris-Diderot*) — Astrid Modera (*Université de Namur*) — Yaël Nazé (*Université de Liège*) — Bernard Pottier (*Forum Saint-Michel*) — Jean-René Roy (*Université Laval*) — Claude Semay (*Université de Mons*) — Jean-François Stoffel (*Haute école Louvain-en-Hainaut*) — Brigitte Van Tiggelen (*Science History Institute*).

Revue des Questions Scientifiques, 2021, 192 (3-4) : 261-279

Kepler métaphysicien

Édouard Mehl
Université de Strasbourg
emehl@unistra.fr

Résumé. – Cet article entreprend de déterminer la situation métaphysique de la science keplérienne, et distingue trois phases de son évolution : a) une phase initiale, programmatique, où l'astronomie copernicienne veut faire office de théologie naturelle, et où, réciproquement, la théologie doit servir de sanction aux nouvelles hypothèses ; b) une phase intermédiaire, où l'astronomie copernicienne ne cherche plus à se fonder dans un arrière-monde métaphysique, mais dans les causes naturelles des mouvements célestes ; c) une phase terminale, postérieure à la découverte de la loi des temps périodiques, où Kepler renonce au projet initial de faire jouer à l'astronomie ou « physique céleste » une fonction ancillaire. Cette physique céleste n'est pas une théologie naturelle, mais une théologie naturalisée.

Abstract. – This article tries to determine the metaphysical situation of Keplerian science, and distinguishes three phases of its evolution: a. an initial, programmatic phase, where Copernican astronomy wants to serve as a natural theology, and where, reciprocally, theology must serve as a sanction to the new hypotheses; b. an intermediate phase, where Copernican astronomy no longer seeks to be founded in a metaphysical back-world, but in the natural causes of celestial movements; c. a terminal phase, after the discovery of the law of periodic time, where Kepler renounces the initial project of making astronomy or "celestial physics" play an ancillary function. This celestial physics is not a natural theology, but a naturalized theology.

Mots clés. – Astronomie — Copernic, Nicolas — Héliocentrisme — Kepler, Johannes — Melanchthon, Philippe — Proportions du monde — Théologie

Plan de l'article

1. Introduction

Pour s'orienter dans l'immense corpus des œuvres complètes de Kepler, les éditeurs ont constitué un index raisonné et systématique long de presque six cents pages (Kepler, 1937-2002, vol. 22)[1]. On y trouve, par exemple, cinq ou six pages et plusieurs centaines de références à la théorie de la lune, et à peu près autant sur les étoiles fixes. Perdue au milieu de cet océan de science mathématico-astronomique, une seule et unique référence est signalée pour l'entrée « *metaphysica* ». Elle renvoie de surcroît à un texte plutôt confidentiel, puisqu'il s'agit d'une annotation au *Somnium* [*Le Songe, ou l'astronomie lunaire*], texte littérairement inclassable, rédigé par Kepler en 1608 et publié à titre posthume par son fils Ludwig, en 1634 — soit à mi-chemin entre le procès de Galilée (1633) et la publication du *Discours de la méthode* de Descartes (1637). Le passage concerne une des annotations de l'auteur à son propre texte, où l'on peut lire une critique générale des sciences, et celle qui vise la métaphysique est impitoyable : « La métaphysique enfle [...] et trouble les préceptes universels de la foi par des subtilités pléthoriques et impertinentes »[2]. La critique aurait fort bien pu se trouver sous la plume d'un Érasme, d'un Luther, ou même d'un Galilée. Le lecteur pressé pourrait de fait en conclure que Kepler s'est aussi peu intéressé à cette orgueilleuse science que Descartes aux langues orientales, et qu'avec les mathématiques, Kepler dispose du seul modèle de savoir certain sur lequel repose l'ensemble de sa doctrine astronomique. Il pourrait alors penser que le terme de métaphysique ne désigne rien d'autre qu'un savoir à l'objet

1. L'intégralité de la collection des œuvres complètes de Kepler est disponible en libre accès au format numérique sur le site de la Bayerische Akademie der Wissenschaften : https://kepler.badw.de/kepler-digital.html.

2. Kepler, 1937-2002, vol. 11.2, p. 336, note 37 [*Somnium, seu opus posthumum des astronomia lunari*] : « Metaphysica [...] dogmata catholica turbat subtilitatibus nimiis et importunis ». On pourra bien sûr rapprocher ce jugement de la « fable du monde » cartésienne : « [...] les philosophes sont si subtils qu'ils savent trouver des difficultés dans les choses qui semblent extrêmement claires aux autres hommes » (Descartes, 1996, vol. 11, p. 35, l. 18-21 [*Le Monde ou traité de la lumière*]), ou du *Discours de la méthode* : « Je ne dirai rien de la philosophie, sinon que [...] il ne s'y trouve encore aucune chose dont on ne dispute, et par conséquent qui ne soit douteuse... » (Descartes, 1996, vol. 6, p. 8, l. 18-22).

inconsistant, vide, et même dangereux puisque — comme le suggère ici la référence muette à la *Lettre aux corinthiens* [1 Co 8, 1 : ἡ γνῶσις φυσιοῖ] — ce savoir ne mène pas à la connaissance du Dieu unique, mais introduit, avec la théorie dite des « intelligences motrices », une résurgence de théologie astrale, et donc d'idolâtrie païenne au sein même de la doctrine chrétienne. De surcroît, aucune référence n'est faite ici à la fonction détectrice des premières causes ou « fondements » de la connaissance qu'il revient en principe à la métaphysique d'exercer, en tant que « philosophie première ». Bref, tout semble aller comme si, aux yeux de Kepler, la métaphysique était aussi impuissante à servir la cause de Dieu qu'à assurer une fonction architectonique dans l'ordre de la connaissance.

2. La voie entrevue : le *Mysterium cosmographicum* (1596)

Cette attitude n'est pas d'abord celle d'un homme de science, mais celle d'un croyant convaincu que les arguties des philosophes corrompent et obnubilent la clarté resplendissante de la parole divine, révélée par l'Écriture et, à tout homme, par le livre ouvert de la nature[3]. Il serait donc tout à fait conséquent que Kepler s'en tienne à peu près à ce jugement lapidaire au sujet de cette science supposée mener de la considération des œuvres divines à celle de leur Créateur, mais qui, de fait, est impuissante à accomplir cette fonction, pour la simple et invincible raison que, par définition, la méta-*physique* présuppose un concept de nature qu'elle ne produit pas elle-même, mais dont elle dépend. La validité de la méta-physique dépendant étroitement de la physique qui la précède et la soutient, la fausseté avérée de cette physique compromet fatalement la possibilité d'accéder, via la connaissance des causes secondes, à celle des causes premières. On pourrait donc s'attendre à ce que Kepler fasse l'économie de toute métaphysique, science vaine et trompeuse, que, au reste, la partition des disciplines dans les universités luthériennes a conduit à superbement ignorer, puisqu'au lieu de la division aristotélicienne des sciences théorétiques (mathématiques, physique, métaphysique) issue de la *Métaphysique* E, 1, la nomenclature melanchthonienne ne retient que les noms de *physica*, de *mathesis* et de *theologia*.

3. Pour la plus ancienne référence de Kepler à cette métaphore, voir *Mysterium cosmographicum*, *Epistola dedicatoria* (1596) : « Il s'agit de ce fameux livre de la nature, tellement célébré par les Saintes Écritures, et c'est lui que Paul propose aux Gentils pour qu'ils y contemplent Dieu comme on contemple le soleil dans l'eau ou dans un miroir » (Kepler, 1984, p. 12). Sur la métaphore des deux livres chez Kepler, voir Howell, 2002, ch. 4, pp. 109-136. Plus généralement, voir Blumenberg, 2007.

À s'en tenir à l'indication unique de l'*index rerum* képlérien, tout se passe comme si la métaphysique avait été purement et simplement supprimée de l'horizon d'un savoir uniquement tourné vers la seule nature matérielle, intransposable à ce qui n'obéit aux lois ni de la quantité ni du mouvement. De Cassirer à Gérard Simon, en passant par Alexandre Koyré, et quoiqu'avec des nuances fort différentes, les grands commentaires classiques sont allés dans ce sens. Lorsqu'il s'est agi de savoir ce qui, chez Kepler, tient lieu de métaphysique ou de *Grundwissenschaft*, Cassirer, en s'appuyant principalement sur les textes entourant la genèse de l'*Astronomia Nova* (1609), a répondu que la doctrine médiévale des « intelligences motrices » fait désormais place à une doctrine *physique* des *forces* : c'est bien, conformément au titre programmatique de l'*Astronomia Nova*, la physique céleste qui donne accès aux causes naturelles (et non métaphysiques) des mouvements célestes. Reconduite à son objet véritable, la métaphysique n'est plus dirigée vers quelque arrière-monde imaginaire, mais désigne cette partie de la physique qui traite des premiers principes et des premières causes de la nature, c'est-à-dire une théorie des forces primitives, qui doit remplacer définitivement les apories et les insuffisances d'une métaphysique aristotélicienne liant indissolublement deux thèses non moins fausses et impies l'une que l'autre : celle de l'éternité du monde, et celle d'intelligences supposées imprimer le mouvement aux corps célestes — ou, sinon le mouvement lui-même, du moins la *direction* de ce mouvement[4].

L'opposition déclarée à la métaphysique aristotélicienne est banale dans le contexte des universités luthériennes qui ont souvent remplacé la *Physique* du Stagirite par d'autres manuels d'apprentissage comme l'*Histoire naturelle* de Pline, ou les commentaires de Galien[5]. Mais elle ne donne aucune indication sur l'ambition keplérienne de remplacer la métaphysique scolaire par une doctrine plus conforme aux exigences de la foi chrétienne, en particulier en ce qui

4. Voir Kepler, 1937-2002, vol. 3, 679 – 6825 [*Astronomia Nova*, I, ch. 2], texte traduit dans Kepler, 1984, pp. 329-330. Kepler a donc une lecture d'Aristote strictement luthérienne (sur Aristote et l'éternité du monde, voir Luther, 1999, pp. 186-200 [*Controverse tenue à Heidelberg*, 1518]).

5. Sur le rejet de la physique et de la métaphysique aristotéliciennes par Luther et Melanchthon, voir Kusukawa, 1995, p. 40 sq. (voir en particulier, de Luther, l'*Adresse à la noblesse chrétienne de la nation allemande* (1520), dans Luther, 1999, p. 657 : « Les universités auraient aussi besoin d'une bonne et solide réforme [...] je conseillerais alors que les livres d'Aristote, la *Physique*, la *Métaphysique*, le *Traité de l'âme*, l'*Éthique* [...] soient purement et simplement supprimés ». Luther n'en a pas tant contre Aristote que contre la métaphysique en tant que telle, science borgne, qui croit accéder à des vérités éternelles, mais qui ne voit en fait d'éternel que ce qui est *présent*, sans rien voir des choses *futures*, domaine réservé de la théologie.

concerne l'article de la création. Kepler est en effet convaincu que la *Physique* d'Aristote n'aboutit qu'à un moteur éternel, qui, même s'il est supposé être un intellect pur, n'est pas pour autant créateur. Il serait donc difficile, sinon impossible, sur la base de cette (pseudo-)physique, de démontrer la création. Or, aux yeux de son enthousiaste et juvénile inventeur, ce n'est pas le moindre avantage de l'hypothèse polyhèdrale (selon laquelle la proportion des distances planétaires est déduite de l'emboîtement des cinq solides primitifs de la géométrie : pyramide, cube, octaèdre, dodécaèdre, icosaèdre) que de servir en même temps et d'un seul tenant à démontrer *a priori* que les hypothèses coperniciennes décrivent la vraie constitution du monde — ce que Copernic lui-même n'a pas su faire — *et* que la Création est prouvée dès lors que les choses n'ont pu être disposées comme elles le sont que par un sage artisan. Conforme à un archétype géométrique purement intelligible, une telle disposition du monde ne saurait en effet être accidentelle : elle est nécessairement l'œuvre d'une intelligence architecte (*opus mentis*)[6]. C'était d'ailleurs la doctrine officielle et concordataire de Wittenberg : théologiens et philosophes pouvaient se retrouver dans l'idée que l'ordre et la *ratio motuum caelestium* recherchés par les philosophes doivent conduire à l'évidence d'un gouvernement providentiel du monde. Sous l'impulsion et le contrôle de Melanchthon, la théologie réformée autorise les recherches des philosophes — y compris celles de Copernic — pour autant qu'elles apportent la matière d'une preuve physico-théologique de l'existence et de la providence divines[7]. Il s'agit certes d'une preuve *a posteriori*, qui n'a rien à voir avec l'argument ontologique de saint Anselme. Mais elle présente corollairement l'avantage de permettre par contrecoup de ratifier les prémisses du raisonnement : l'ordre et la disposition du monde attestent qu'ils sont le fruit d'une intelligence suprême… et la reconnaissance de cette intelligence sanctionne a posteriori la validité du schéma explicatif au fondement duquel l'existence divine, ainsi découverte, est supposée se trouver. On peut bien sûr — comme Descartes ne manquera pas de le faire — dénoncer la circulari-

6. Sur ce point, voir l'Ancienne Dédicace du *Mysterium* à Sigismond Frédéric von Heberstein : « Je passe sous silence le fait que mon sujet est un puissant argument en faveur de la Création que les Philosophes ont niée [*Creationis… magnum argumentum est*] » (Kepler, 1984, p. 12).

7. Voir sur ce point l'oraison funèbre de Caspar Cruciger, par le mathématicien et gendre de Melanchthon Érasme Reinhold (1549) : *Oratio de Casparo Crucigero, ab Erasmo Reinhold recitata*, Corpus Reformatorum XI, col. 838-839 : « Convinci etiam homines dicebat, ne casu existiment hunc mundum ex chao temere confluxisse : quia ordo in numeris, in discrimine honestorum et turpium, in motibus coelestibus, in vicibus temporum testaretur mentem aeternam architectatricem esse […] His et similibus observationibus moti, Copernicum magis admirari et amare coepimus ».

té qui frappe ce raisonnement d'invalidité, et le condamne au purgatoire des raisonnements dialectiques. C'est d'ailleurs l'impraticabilité avérée de cette voie, et son abandon subséquent dans la métaphysique cartésienne, qui a amené Alexandre Koyré à développer le thème d'une « destruction du cosmos », et d'une substitution à la présupposition naïve de son existence, telle qu'on la trouverait encore dans la pensée pré-moderne, d'un univers qui ne correspond en rien au monde immédiat de l'expérience sensible, d'un univers qui n'est rien d'autre, pour résumer avec les mots de Koyré lui-même, que la « géométrie réalisée » (Koyré, 1966/1939, p. 319). Or, Koyré a toujours considéré que Kepler, quel que soit son apriorisme, « est encore un cosmologue », c'est-à-dire qu'il pense « en fonction du cosmos », et en vue d'en élucider la structure (Koyré, 1966/1939, p. 15)[8]. Sans doute ce jugement correspond-il de manière à peu près exacte à la situation initiale de Kepler, et à sa conviction que l'élucidation de l'ordre du monde, caché aux yeux de chair, dévoile le dessein d'un créateur transcendant. Le jugement de Koyré nous semble donc recevable, à condition de le restreindre au moment initial d'une entreprise qui allait se prolonger par la destruction systématique de ce qu'elle avait elle-même naïvement admis comme son point de départ.

L'idée d'une déduction métaphysique de l'héliocentrisme copernicien (soit le fait de prouver qu'un Dieu qui fait toujours le meilleur *doit*, dès lors qu'il crée un monde, le créer tel que le décrit l'hypothèse héliocentrique) constitue tout l'enjeu du débat sous-jacent à l'affaire Galilée, le Saint-Office dénonçant dans cette tentative une offense à la grandeur et à la puissance divine : n'est-ce pas là en effet forcer les voies de la divine Providence, qui sont impénétrables, n'est-ce pas, par un anthropomorphisme inconséquent et sacrilège, soumettre la puissance créatrice à la nécessité qui, matérielle ou logique, *découle* de la création et ne la précède pas ?[9] Sans préjuger de la réponse à donner à cette question, il faut d'abord en remarquer précisément le contexte et la provenance. Le *Mysterium cosmographicum* (1596) est une œuvre inaugurale et largement programmatique. Comme Kepler le remarque lui-même, c'est un essai qui n'est pas épais, et qui d'ailleurs ne constitue pas une publication autonome : l'opuscule accompagne la réédition, par les soins de Michael Mästlin et de son élève Kepler, de la *Narratio Prima* de Rheticus (1540), ouvrage qui avait assuré à la théorie copernicienne sa première diffusion dans l'Europe savante, avant même la publication tardive du *De revolutionibus orbium caelestium* (1543). Or c'est

8. Voir aussi *Annuaire de l'École pratique des hautes études*, 1934, p. 65.
9. Ce sont de telles questions qui guident l'approche de Kepler par J.-L. Marion (1991, pp. 178-202, puis 2021, pp. 228-232).

bien Rheticus qui s'était le premier risqué à une telle déduction des nouvelles hypothèses en s'appuyant sur le rapport qu'il y a entre les six orbes mobiles de l'astronomie copernicienne, la perfection du nombre senaire (nombre supposé parfait, car égal à la somme de ses diviseurs), et les six jours de la Création :

> « En vérité, qui pourrait choisir un autre nombre plus approprié et plus digne que le nombre six ? En quel autre nombre pourrait-on plus facilement persuader les hommes que tout cet univers a été divisé en ses orbes par Dieu, auteur et créateur du monde ? Ce nombre en effet est loué plus que tous, aussi bien dans les saints oracles de Dieu que chez les Pythagoriciens et les autres philosophes. Et qu'y a-t-il de plus convenable pour l'œuvre de Dieu que le premier et le plus parfait de ses ouvrages soit embrassé (*includatur*) par le premier et aussi le plus parfait des nombres ? » (Rheticus, 1982, p. 60 [latin] ; p. 113 [tr.]).

Les premières pensées de Kepler portent précisément sur cette tentative de déduire la disposition héliocentrique d'une forme de nécessité mathématique, prouvant ainsi, beaucoup mieux que Copernic, non seulement le *fait* (comme si Copernic n'avait lui-même découvert l'héliocentrisme qu'à tâtons et en constituant les hypothèses les plus propres à sauver les apparences), mais le *droit*. Kepler entend bien donc, dès le *Mysterium cosmographicum*, procéder à une authentique déduction théologique de la *ratio motuum caelestium*. Cette déduction ne s'appuie plus, comme chez Rheticus, sur les propriétés arithmologiques des nombres formels, simple jeu de l'esprit dont l'apparente nécessité, purement accidentelle, est seconde et dérivée par rapport à celle qui règne primitivement dans la quantité continue, et partant dans la matière elle-même.

La géométrie est la science qui étudie les rapports de grandeurs en les comparant entre eux. Comme son nom l'indique, c'est un art de la mesure, qui étudie tout objet *sub specie commensurabilitatis*. C'est là tout le sens, ravivé par Copernic et Rheticus, de la notion de *summetria mundi*, qui a bel et bien une valeur et une fonction ontologiques — et sans laquelle, réciproquement, aucune espèce d'ontologie n'est même possible — en ce sens que la « mesure » (συμμετρία) est ce qui découvre et réalise, sous la forme de la convertibilité entre la mesure et la chose mesurée, l'*adaequatio rei et intellectus*. Et, comme le déclare avec autant de force que de concision la Préface de Mästlin à la réédition de la *Narratio prima*, c'est par la *seule géométrie*, règle de vérité (*in omni Quanto regula veritatis*), et donc par une voie *a priori* que nul n'avait tentée avant lui, « même en songe », que Kepler, par une invention brillantissime (*solertissimo ex Geometria invento*), a démontré l'ordre et le rapport mutuel des distances

et des temps de révolution des planètes[10], ordre et proportion présumés par les Anciens — y compris Aristote[11] —, mais dont la formule générale ne trouve qu'avec Kepler, et en fait bien après le *Mysterium cosmographicum*, avec la loi des temps périodiques (*Harmonice mundi*, V, 1619), son remplissement adéquat.

Pour comprendre l'itinéraire intellectuel de Kepler, et le sens de sa démarche, il faut en effet souligner que les déclarations liminaires de Kepler et Mästlin en faveur de cet *inventum ingeniosissimum*, d'un optimisme un peu hyperbolique, ont une dimension essentiellement programmatique. En effet, l'hypothèse polyhédrale permet bien, moyennant quelques arrangements avec les excentricités qui servent ici de variable d'ajustement, d'atteindre une approximation du rapport des distances[12], mais Kepler reste parfaitement lucide, et conscient des limites du recours (somme toute fantaisiste) à la géométrie des solides réguliers : il sait n'avoir pas encore trouvé le « fondement » ou « théorème commun » aux distances et aux vitesses (Mehl, 2003). Et, de fait, ce désaccord entre les deux théorèmes invalide rétrospectivement l'intention initiale de faire de l'hypothèse polyhédrale le *nervus probandi* d'une preuve de l'existence de Dieu : la parfaite rationalité de la théorie des solides réguliers — constituant un exemple canonique de ce qu'on appellera plus tard une multiplicité définie, au sens de la définitude extensionnelle d'Hermann Weyl puis de Husserl (Gérard, 2008) — ne prouve justement *pas* qu'elle est *opus mentis*, puisque cette architecture mondaine ne s'entend que des rapports de quantité dans l'espace, et *découle* bien plus de l'existence actuelle de la matière étendue qu'elle n'en procède ou ne la fonde. Et au lieu que Kepler ait commencé par vouloir introduire dans la physique (céleste) une nécessité idéale, celle de la géométrie, il dut se rendre à l'évidence que cette nécessité, immanente à tous les rapports de quantité comme tels, ne plaide pas davantage en faveur de l'existence divine et de la création que n'importe quel événement procédant de causes physiques déterminées, comme l'inclinaison de l'écliptique.

10. Mästlin, Préface à la réédition de la *Narratio prima* (Kepler, 1937-2002, vol. 1, 84, 7-8, puis 82, 20-23) : « Iam vero Keplerus noster solertissimo ex geometria invento orbium seu sphaerarum coelestium certum finitumque numerum et ordinem, atque, quod maximum est, certam magnitudinum, sicut et motuum, ad se mutuo proportionem tradit ».

11. Sur Aristote et le renversement copernicien du motif de l'ordre cosmique (*De Caelo*, II, 10), voir Granada, 2004.

12. C'est bien sûr cette approximation que corrigera, en la supprimant, la première loi (*Astronomia nova*, 1609).

3. La voie perdue : l'*Astronomia Nova* (1609)

D'où une période subséquente d'ascèse, voire d'abstinence spéculative, et la mise en chantier du travail de destruction critique de la théorie des moteurs célestes qui aboutit, dans la décennie succédant à la publication du *Mysterium cosmographicum*, à la rédaction et publication de l'*Astronomia nova*. L'œuvre, qui réfute aussi bien les tenants de la théorie aristotélicienne des intelligences motrices (représentés par un Scaliger, qui n'est, selon Kepler, « chrétien que de nom ») que les divagations platonisantes des tychoniens, aboutit simultanément à la découverte de la *via elliptica* et à la naturalisation du principe de mouvement planétaire (Granada, 2011). Dans cette entreprise, on sait que Kepler doit beaucoup à la découverte de la « nouvelle philosophie » naturelle de William Gilbert, et que la « physique céleste » — contrairement à ce qu'a répandu une vision englobant Kepler dans le courant de la science mécaniste galiléo-cartésienne — fait encore droit à une forme de vitalisme et d'animisme qui paraîtra aussi suspecte aux promoteurs de la science mécaniste (Beeckman, Mersenne, Galilée, Descartes) qu'aux représentants et experts du Saint-Office (Ingoli, Bellarmin…)[13]. Cette histoire étant aujourd'hui très étudiée, nous nous bornerons à rapporter ici trois points que les travaux sur la genèse de l'*Astronomia nova* ont quelque peu laissés dans l'ombre, mais qui sont des aspects déterminants de la destruction critique de la métaphysique traditionnelle à laquelle se livre Kepler autour des années 1600. Il s'agit 1°) de la critique radicale de l'ontologie aristotélicienne dans le texte du *De astrologiae fundamentis certioribus* (1602) ; 2°) de l'objection fondamentale à la *via motus* de la métaphysique traditionnelle, et 3°) à la même époque, de l'échec de la tentative pour établir l'âge du monde en datant son commencement par des arguments empruntés à la physique.

3.1. La critique de l'ontologie pure

Dans un texte qui a été très largement ignoré des commentateurs, Kepler exprime dans une forme brève, mais pénétrante l'essentiel de son opposition à la métaphysique aristotélicienne. Dans sa prétention à se constituer en théorie des notions premières constitutives de l'être et de la connaissance, Aristote retient comme première contrariété *en général* celle du même et de l'autre (Kepler fait apparemment référence ici au texte de *Métaphysique* I, 4-5, 1055a3 *sq*.). Or Kepler conteste la manière dont Aristote fait un usage transcendant

13. Voir Boner, 2013. Sur la critique de l'animisme contemporaine de la mise à l'Index du premier volume de l'*Epitome*, voir Mehl, 2018, p. 196, note 18.

de ces principes, objectant que l'altérité n'existe qu'à cause de la matière ou par son occasion (*ex materia aut occasione materiae*). Pour cette raison, au lieu d'admettre (comme Platon du reste) pour première opposition des contraires celle du Même et de l'Autre, Kepler s'en tient à l'opposition de l'égal, médiatisant la contrariété du plus et du moins. Or ce sont là les *seules* notions qui interviennent dans la théorie des proportions, telle que décrite au livre V des *Éléments* d'Euclide[14]. Autrement dit, Kepler conteste ici à la philosophie — qu'elle soit celle de « Platon » ou d'« Aristote » ne fait ici aucune différence — le rôle de science fondatrice et de *Grundwissenschaft* ; ce rôle reviendrait plutôt, en droit, à une science générale de la quantité qu'on pourrait appeler *mathesis universalis* (Conrad Dasypodius[15]). Le virage qu'amorcent ces quelques lignes très condensées est donc capital, et il est double : d'abord, il implique que tous les changements *qualitatifs* sont compris comme des variations *quantitatives*, selon deux paramètres fondamentaux (chaud/froid ; sec/humide) qui sont eux-mêmes rapportés au rayonnement lumineux, et définis comme des conséquences de ses propriétés géométriques : le chaud et le sec sont produits par le rayonnement *direct* (solaire) ; l'humide et le froid par le rayonnement *réfléchi* (lunaire)[16]. Mais cette science universelle qui permet en droit de connaître tous les effets par leurs causes ne s'étend qu'à la nature matérielle, et n'est d'aucun usage pour aborder le monde moral et le règne des fins qui relèvent d'une tout autre juridiction : celle de la théologie. La métaphore des deux livres suggère

14. *De fundamentis astrologiae certioribus*, « (Thesis XX) Primam contrarietatem ARISTOTELES in Metaphysicis recipit illam, quae est inter Idem et Aliud: volens supra Geometriam altius et generalius philosophari. Mihi Alteritas, in creatis nulla aliunde esse videtur, quàm ex materia, aut occasione materiae; at ubi materia, ibi Geometria. Itaque quam ARISTOTELE dixit primam contrarietatem sine medio, inter Idem et Aliud ; eam ego in Geometricis, philosophicè consideratis, invenio esse primam quidem contrarietatem, sed cum medio, sic quidem, ut quod ARISTOTELI fuit ALIVD, unus terminus, eum nos in PLVS et MINVS, duos terminos dirimamus. Cum ergo Geometria toti mundo creando praebuerit exemplar, non ineptè haec Geometrica contrarietas ad ornatum mundi, qui consistit in variatis planetarum viribus, concurret ».

15. Professeur de mathématiques à la Haute-École de Strasbourg, où il a construit l'horloge astronomique, Dasypodius était très respecté de Kepler. Kepler lui écrivit plusieurs lettres (perdues), auxquelles Dasypodius, âgé et malade, répond le 31 décembre 1599 (Kepler, 1937-2002, vol. 14, p. 105 [n°152]). Sur la thématique de la science mathématique commune, voir Dasypodius, 1593.

16. Sur ce texte et sa portée, voir Simon, 1979, p. 42. On ne saisit pourtant pas bien pourquoi G. Simon pouvait dire que ce texte, unifiant physique terrestre et physique céleste, rapporte la cause de l'influence des astres à la *qualité* de leur lumière, plutôt qu'à une certaine *quantité*, ou du moins à un paramètre purement géométrique (rayonnement direct/réfléchi). C'est sans doute faute d'avoir bien pris en compte la thèse n°20 que nous commentions ici.

d'ailleurs une forme d'autonomie et d'indépendance réciproques des deux règnes — *naturae et gratiae*. Nous pouvons donc conclure sur ce point en affirmant que l'intérêt de Kepler pour une science générale des prédicats les plus universels de l'étant (i.e. une ontologie, dans le langage des modernes) le ramène aux principes fondamentaux d'une science mathématique de la nature qui a bien une connexion avec les sciences du vivant — avec notamment la question de la perception des aspects planétaires —, mais comme les principes de cette ontologie ne s'appliquent qu'aux réalités matérielles, corporelles ou *liées* à un corps, ils n'offrent aucune voie pour s'échapper dans les « hauteurs » de la spéculation métaphysique.

3.2. Transformation de la preuve de l'existence de Dieu par la *via motus*

Si Kepler tient pour nulle et inexistante la possibilité de déduire, avec les scotistes, l'existence nécessaire d'un *ens infinitum* à partir d'un concept d'étant, absolument indéterminé et inconsistant, il n'admet pas davantage, et même encore moins, la possibilité de prouver a posteriori l'existence de Dieu comme cause première du mouvement. Cette fois, c'est la première des « voies » thomistes, la *via motus*, qui s'avère reposer sur un paralogisme dirimant. Mais de manière tout à fait remarquable, quoique jusqu'ici peu remarquée, c'est de la critique du raisonnement sur lequel repose toute la métaphysique d'Aristote que naît le principe sur lequel repose toute la cosmologie de Kepler. De fait, Kepler admet comme Aristote l'idée dont le Stagirite a fait le *nervus probandi* de la *via motus* : « puisque ce qui est à la fois mobile et moteur n'est qu'un terme intermédiaire, on doit supposer un extrême qui soit moteur sans être mobile » (*Met.* Λ, 7, 1072a25). Mais Kepler modifie le raisonnement de manière essentielle : d'abord en ce que, à la suite de Thomas d'Aquin, il montre que le raisonnement ne suppose pas seulement deux termes (le premier Ciel et son moteur), mais trois : le *moteur* (i.e. le Soleil), le *mobile* (les planètes), et le *lieu* immobile (la sphère des Fixes) entre lesquels il doit exister un certain rapport de proportion. Kepler corrige donc le raisonnement aristotélicien par celui du *Timée*[17].

17. Platon, 1985, p. 144 [31 b-c] : « Que deux termes forment seuls une belle composition (καλῶς συνίστασθαι) cela n'est pas possible, sans un troisième ». Notons que déjà Thomas d'Aquin identifiait trois termes dans le raisonnement du Stagirite : *Sententia libri metaphysicae*, XII, 6 : « Sed quia in ordine mobilium et moventium inveniuntur tria, quorum ultimum est quod movetur tantum, supremum autem est movens quod non movetur, medium autem est quod movetur et movet; necesse est, quod ponatur aliquod sempiternum movens quod non movetur. Probatum est enim in octavo physicorum, quod cum non sit abire in infinitum in moventibus et motis, oportet devenire in aliquod primum movens

Mais au lieu que le raisonnement aboutisse, comme c'est le cas chez Aristote, à un premier terme métaphysique, acte pur et sans mélange de potentialité, il aboutit à dévoiler le principe constitutif du cosmos tri-unitaire fait à l'image et la ressemblance de son Créateur[18]. En tout état de cause, ce raisonnement ne peut certainement pas prouver l'existence de Dieu, qu'il présuppose plutôt.

3.3. L'impossibilité du commencement

Immédiatement après la publication du *Mysterium cosmographicum*, et dans son prolongement Kepler s'est interrogé sur la possibilité de prouver un commencement du monde à partir des observations sur la déclinaison du pôle magnétique, ne négligeant rien des recherches les plus récentes à ce sujet[19].

immobile: quia et si deveniatur in aliquod movens seipsum, iterum ex hoc oportet devenire in aliquid movens immobile, ut ibi probatum est ».

18. Voir Kepler, 1937-2002, vol. 7, p. 285 [*Epitome astronomiae copernicanae*, IV, 1] : « [...] igitur si rem physicam licet enunciare verbis Mathematicis, mobilia poterunt aptissime dici medium proportionale inter corpus, quod motus fons est, et inter corpus immobile, quod locum praestat » [s'il est donc permis d'exprimer en termes mathématiques une réalité physique, les mobiles [planétaires] pourront donc être très justement dits former une moyenne proportionnelle entre le corps [du Soleil] qui est la source du mouvement, et le corps immobile, que le lieu constitue].

19. On apprend par la correspondance avec Herwart von Hohenburg que Kepler, répondant à une demande émise par Herwart le 10 mars 1598 (Kepler, 1937-2002, vol. 13, p. 177, l. 5-10 [n° 87] vol. 13, p. 178, 26-179, 1 [n°88, 12 mars 1598]), s'est intéressé aux expériences concernant la déclinaison magnétique de l'aimant, phénomène notamment attesté par le rapport sur les expéditions entreprises par les Hollandais (W. Barentz) en Nouvelle-Zemble : la déclinaison ne peut leur avoir échappé puisqu'ils se sont trouvés en un lieu « dont la position forme un triangle presque isocèle avec les deux pôles, géographique et magnétique » (Kepler, 1937-2002, vol. 13, p. 189, l. 35 ss [Kepler an Herwart von Hohenburg, n°91, 26 mars 1598]). Mais faute d'information suffisante sur cette question, Kepler diffère sa réponse. L'année suivante il s'est plongé dans cette matière pour voir s'il pouvait en dire quelque chose de certain (Kepler, 1937-2002, vol. 13, p. 350, l. 434 ss [à Herwart, mai 1599]) : « Totus in hac materia versor, si forte certi quid constitui possit »). Mais le témoignage le plus intéressant vient de la correspondance, la même année, avec Colmann Zehentmair. On apprend par la longue missive du 12 juin 1599 (Kepler, 1937-2002, vol. 13, pp. 356-364 [n°124]) que Kepler lui a soumis un essai sur la question, dont il ne reste aujourd'hui aucune trace, et qui portait sur l'explication physique de la création à la lumière de la philosophie magnétique (celle-ci équivalant apparemment à toute la philosophie naturelle). De surcroît, Kepler semble avoir répondu à cette lettre et aux objections fort révérencieuses de Zehentmair par une *Dissertatio Philosophica*, elle aussi perdue. La première lettre du 12 juin permet de reconstituer une partie de la théorie, et de comprendre que la « sagesse créatrice » a préféré incliner l'axe des pôles pour éviter les incommodités induites par l'absence d'inclinaison (hiver permanent sur certaines zones, etc.). L'écart entre les pôles du monde et le pôle magnétique résulte

La chose est peu surprenante, dans la mesure où l'opuscule de 1596 se terminait sur une réfutation de la doctrine astrologique de l'apocatastase, et Kepler a d'ailleurs rédigé une *Dissertatio Philosophica*, aujourd'hui perdue, mais qui, pour ce que l'on en sait, spéculait très librement sur les causes métaphysiques de l'inclinaison de l'axe terrestre, avec des arguments téléologiques et anthropocentriques qu'on pourrait juger peu dignes d'un savant « moderne ». Mais la lecture et la découverte de la philosophie magnétique de Gilbert, autour de 1600, marquent un tournant, et l'obligent à renoncer à ses « spéculations » au profit d'une recherche qui porte sur les causes *géométriques* d'un phénomène (la déclinaison magnétique), que son contemporain Porta peut à la rigueur décrire, mais dont il ignore la cause[20]. Il est d'ailleurs important de noter que Kepler — qui est en train de travailler à l'optique et à la rédaction de ses *Paralipomènes à Vitellion* — établit ici une analogie parfaitement inédite entre la statique et l'optique, et fait de la première l'*explicans* de la seconde, suggérant qu'il existe une analogie entre les lois de la statique et le phénomène de la réfraction : la chose peut paraître fort étrange, mais c'est exactement ce que fera Descartes lors de ses premières explications sur la loi des sinus[21]. Tout se passe comme si les raisons de métaphysique, qui étaient initialement les premières et les seules auxquelles Kepler semblait reconnaître une validité supérieure, ne faisaient plus le poids par rapport aux causes purement géométriques des phénomènes physiques. De fait, l'*Astronomia Nova* semble avoir totalement renoncé à toute forme de raisonnement autre que mathématique et astronomique. Hormis l'insistance de Kepler sur son intention de remplacer la théorie métaphysique des substances séparées par une théorie physique des forces motrices, pas un mot ne concerne cette science, et il est encore moins question ici de Celui dont le *Mysterium cosmographicum* ne cessait de chanter les louanges.

donc de la sagesse divine qui a voulu la plus grande variété. La « matière magnétique » est animée : une âme végétative exerce dans le corps ses opérations par des « veines et des filaments » (l. 92 ss.) ; en outre on comprend que le magnétisme constitue, avec les lois du mouvement, un principe de distinction dans les choses, séparant les mobiles des immobiles, les corruptibles des incorruptibles. Reste que Zehentmair n'est pas du tout convaincu par l'extrême rationalisation de l'*opus creationis* et prend exemple de l'inhabitabilité de la Nouvelle-Zemble (qui n'est pourtant pas la région la plus septentrionale) pour rappeler l'inscrutabilité de la sagesse divine. Sur le magnétisme, voir Günther, 1888.

20. Sur tout ceci, voir la lettre à Herwart von Hohenburg du 12 janvier 1603 (Kepler, 1937-2002, vol. 14, pp. 342-355 [n°242]).
21. Sur la parfaite continuité historique et épistémologique entre Kepler et Descartes, voir Mehl, 2022.

4. La voie retrouvée ? L'*Harmonice mundi* et l'*Epitome* (1618-1621)

La publication des deux chefs-d'œuvre de la maturité, l'*Harmonice mundi* et l'*Epitome astronomiae copernicanae*, après lesquels Kepler ne produira presque plus que des écrits de circonstance, s'étale de 1618 à 1621, trois années particulièrement tourmentées dans la carrière du mathématicien impérial. Entre le début de la guerre de Trente Ans, le procès en sorcellerie de sa mère, et l'incertitude où il se trouve de conserver son statut auprès des Habsbourg après la mort, en mars 1619, de l'empereur Matthias, notamment du fait de la mise à l'Index de l'*Epitome*, et des tentatives de déstabilisation de la part des Jésuites (Scheiner), Kepler connaît à la fois le sommet de sa gloire scientifique et les plus grandes difficultés sur le plan professionnel et personnel. Cette période est en effet marquée par une découverte essentielle et ultime : celle de la loi des temps périodiques, dite « troisième loi » — après la loi des orbites elliptiques et la loi des aires, toutes deux établies par l'*Astronomia nova*[22]. Mais la troisième loi ne constitue pas seulement une brillante découverte scientifique couronnant la carrière d'un chercheur exceptionnellement tenace : elle est, dans l'esprit même de Kepler, le fondement et la base manquant à toutes ses précédentes tentatives, et assure indissolublement une double fonction : celle de vérifier l'hypothèse d'Aristarque — qui n'est donc pas une « hypothèse » au sens ordinaire du terme, mais le vrai système du monde — dans laquelle l'accord entre les distances et les temps réalise une proportion « perfectissime » qui ne souffre absolument aucune exception[23] ; et, pourrait-on du moins l'espérer, celle de rendre à nouveau possible cette preuve de la création que les deux premières lois semblaient dangereusement compromettre.

C'est seulement avec cette loi que se trouve enfin découverte et réalisée l'*admiranda symmetria mundi*, qui ne désigne donc plus seulement — comme c'est encore le cas chez Copernic, Rheticus, et chez Kepler en 1596 — la forme idéale et seulement imaginable d'un système intellectuel du monde, mais bel et bien sa *réalisation objective* (« si verum dicit ARISTARCHVS, tunc orna-

22. L'exposé de la troisième loi est donné dans le livre V de l'*Harmonice mundi* (Kepler, 1937-2002, vol. 6, pp. 301-302) rédigé par Kepler immédiatement après sa découverte, en mai 1618. Pour le récit de sa découverte, voir les annotations de Kepler à la seconde édition du *Mysterium cosmographicum* (1621) dans Kepler, 1984, pp. 141-144 [ch. XX, note 7].

23. Kepler, 1937-2002, vol. 8, p. 116 & 1984, p. 144 : « Si le Soleil est le centre non seulement des cinq orbes planétaires, mais aussi du sixième orbe, celui qui transporte la terre [...] alors les orbes de deux planètes quelconques ou encore le rapport des périodes est très exactement 3/2 [*perfectissime sesquialtera*] du rapport des orbes ».

tus iste inuenitur in re » [si Aristarque dit vrai, cette beauté se découvre dans la chose même]). Kepler peut donc se flatter de passer, avec la troisième loi, à un autre genre d'astronomie que celle qui se borne à décrire les apparences ou à forger des hypothèses vraisemblables pour les expliquer[24]. Hypothèses qui, fussent-elles géométriquement concevables et imaginables, n'en sont pas moins absurdes et inadmissibles, en particulier celle de Tycho Brahe, qui fait du Soleil le centre (donc la source) des mouvements planétaires, et de la Terre le centre (donc la source) du mouvement du Soleil. Kepler insiste sur l'absurdité *métaphysique* qu'implique le fait de faire dépendre la source principale des mouvements célestes « de quelque autre source moins noble » (en l'occurrence la Terre), ce qui, bien qu'à la rigueur imaginable, choque et offense la « lumière naturelle de la raison ». La stratégie argumentative de Kepler consiste ici à mettre en évidence que l'hypothèse héliocentrique ne heurte pas les axiomes généraux de la causalité, notamment la règle qui veut que le plus parfait ne puisse jamais dépendre ni provenir du moins parfait ; une règle que tous les lecteurs tant soit peu métaphysiciens de Kepler sauront reconduire au principe de l'antériorité de l'acte ou « entéléchie » sur la puissance (conformément à Met. Θ. 8, 1050a20). Mais c'est surtout dans la grande synthèse métaphysique de l'*Epitome* IV (1620) que Kepler montre enfin en quoi la troisième loi semble ouvrir de nouveau la voie à un argument physico-théologique que les deux premières ne laissaient plus entrevoir. Alors que la seule considération des orbites elliptiques n'exige plus aucun recours à aucune espèce d'intelligence, mais procède de la seule nécessité des lois du mouvement (*leges motuum*) et de la loi de la balance (ou levier), plutôt que d'une détermination par l'esprit[25], la question se pose de nouveau de savoir si la considération des temps périodiques n'impose pas quant à elle une telle déduction : « Il semble que la proportion des temps périodiques soit l'œuvre de l'esprit, et non de la nécessité matérielle ».

24. Voir sur ce point l'exposé liminaire de l'*Epitome* (Kepler, 1937-2002, vol. 7, pp. 24-25) ; trois paragraphes exposent successivement les trois fonctions de l'astronomie : descriptive (« De observationibus »), explicative (« De hypothesibus »), et déductive (« De causis hypothesium »). Or, contrairement à une tendance commune et observable aussi bien chez les théologiens (Osiander) que chez les tenants d'un scepticisme radical (Ursus), l'astronomie ne peut se contenter de feindre des hypothèses propres à rendre raison des apparences. Ainsi, comme le dit non sans une certaine sévérité critique ce prologue de l'*Epitome* : « On ne doit pas accorder aux astronomes la licence de feindre n'importe quoi sans raison ; mais il importe que vous soyez en mesure de fournir des raisons démontrables (*causas probabiles*) de ces hypothèses que vous nous vendez pour les vraies causes des apparences, et ainsi vous devez d'abord (*prius*) en établir les principes dans une science plus haute, comme la physique ou métaphysique » (Kepler, 1937-2002, vol. 7, l. 13-17).

25. Kepler, 1937-2002, vol. 7, p. 295, 30-34. Texte cité et commenté par Koyré, 2016, p. 290.

Mais, là encore, c'est une fausse piste, puisque la longueur des temps est elle-même directement fonction de l'espace parcouru, et donc relève toujours de la même juridiction que Kepler désigne comme la « nécessité matérielle, ou le principe de la balance (*veluti ex ratione staterae*) » (Kepler, 1937-2002, vol. 7, p. 297). Kepler peut donc bien affirmer, en prémisse de son raisonnement et comme par une forme de précaution oratoire, que « la concordance, tellement exacte et harmonieuse en elle-même, des mouvements extrêmes, le plus lent et le plus rapide, de chacune des planètes, est l'œuvre de la suprême et adorable pensée ou sagesse créatrice », il lui faut aussitôt ajouter que « les longueurs des temps périodiques, si elles étaient l'œuvre de l'esprit, auraient quelque chose de la beauté dont sont douées les proportions exprimables » — ce qui, manifestement, n'est pas le cas[26]. Cette affirmation réitérée place ce propos dans la suite du chapitre sur lequel se concluait vingt-cinq ans plus tôt le *Mysterium cosmographicum*, qui se donnait pour tâche de démontrer l'impossibilité de l'apocatastase, c'est-à-dire le retour des configurations célestes à la situation exacte correspondant au moment de leur création. Kepler avait de fait bien compris, avec Nicole Oresme, que l'apocatastase est un fantasme d'astrologue, étranger à la révélation chrétienne, et que le rapport des distances entre les orbes, déduites de l'emboîtement des polyèdres, est par nécessité géométrique un rapport incommensurable (Mehl, 2019, pp. 321-330 [ch. 7, § 25]). Ainsi la hantise d'une quelconque « fin du monde » était-elle écartée et réfutée par des arguments mathématiques supposément imparables, mais que Kepler se fait un devoir de reprendre à nouveaux frais, une fois découverte la loi des temps périodiques[27]. La conclusion étant ici exactement la même, on peut dire que Kepler fournit des arguments qui se veulent démonstratifs en faveur d'un monde sans fin assignable — cela même qui mènera beaucoup plus tard Kant, dans sa *Théorie du ciel*, à sa déclaration fameuse : « La création n'est jamais achevée. Elle a bien commencé un jour, mais elle ne finira jamais »[28].

26. Kepler, 1937-2002, vol. 7, p. 295, traduction Koyré, 2016, p. 437 note 24.
27. Voir *Secret du monde* (1621), note 5 au ch. XXIII : « Comme il n'y a pas de raison *a priori* qui déterminerait les mouvements moyens, mais qu'ils résultent chacun de leurs mouvements extrêmes, alors les mouvements moyens ne seront même pas commensurables entre eux […] C'est pourquoi même les temps périodiques ne seront pas non plus commensurables entre eux. Par conséquent, il n'y a aucune apocatastase parfaite des mouvements qui puisse être regardée comme la fin formelle ou rationnelle des mouvements » (Kepler, 1984, pp. 158-159).
28. Kant, *Théorie du Ciel*, II, 7, Ak I, 314. Texte cité et commenté dans Seidengart, 2020, p. 259.

5. Conclusion

Contrairement à ce que le jeune mathématicien de Tübingen eût sans doute souhaité, la découverte de la loi des temps périodiques ne constitue pas un argument spécialement privilégié en faveur de l'existence divine, mais bien, en revanche, une confirmation à ses yeux définitive de l'héliocentrisme ; héliocentrisme qui est de fait beaucoup plus que simplement « copernicien », parce que Kepler a, selon la formule de Koyré, « rompu avec la hantise de la circularité », et parce que l'accroissement vertigineux des distances célestes, qui découle nécessairement de la position de la Terre sur son « orbis magnus », au lieu d'être une conséquence embarrassante dont l'astronome ne sait que faire (et sur laquelle Copernic gardait un silence pudique), se transforme chez lui en un argument de convenance : l'immensité du monde visible le rend d'autant plus convenable et digne d'un créateur tout-puissant. Et c'est justement parce que l'héliocentrisme oblige à cet agrandissement du monde, que Kepler y trouve la marque ou l'indice de sa vérité. Un tel mode de raisonnement ne revient précisément plus à déduire le système du monde de raisons empruntées à la théologie, qu'elle soit rationnelle ou révélée, ni à démontrer les vérités de la foi par des raisons empruntées aux sciences humaines — *horribile dictu* —, mais à se servir de la théologie (en l'occurrence trinitaire) comme d'un fil d'Ariane, voire comme d'une idée régulatrice, pour guider ses pas dans l'exploration d'un monde dont seule la créature raisonnable détient le privilège d'être le spectateur et le révélateur.

Bibliographie

Blumenberg, H. (2007). *La lisibilité du monde* (préface par D. Trierweiler ; traduction par P. Rusch et D. Trierweiler). (Passages). Paris : Éditions du Cerf.

Boner, P. J. (2013). *Kepler's Cosmological Synthesis : Astrology, Mechanism and the Soul*. (History of science and medicine library ; 39. Medieval and early modern science ; 20). Leiden : Brill.

Dasypodius, C. (1593). *Protheoria mathematica in qua non solum disciplinae mathematicae omnes, ordine convenienti enumerantur, verum etiam universalia Mathematica praecepta, explicantur*. Strasbourg : I. Martinus.

Descartes, R. (1996). *Œuvres de Descartes* (publiées par Ch. Adam & P. Tannery ; réédition) (11 vol.). Paris : J. Vrin.

Gérard, V. (2008). Husserl et la mathématisation galiléenne de la nature. Dans Majolino, C., & de Gandt, F. (édit.). *Lectures de la Krisis de Husserl* (pp. 63-102). Paris : Vrin.

Granada, M. Á. (2004). Aristotle, Copernicus, Bruno : Centrality, the Principle of Movement and the Extension of the Universe. *Studies in History and Philosophy of Science*, 35(1), 91-114.

Günther, S. (1888). *Johannes Kepler und der tellurisch-kosmische Magnetismus*. Wien und Olmütz.

Howell, K. J. (2002). *God's Two Books : Copernican Cosmology and Biblical Interpretation in Early Modern Science*. Notre Dame (Indiana) : University of Notre Dame Press.

Kepler, J. (1937-2002). *Gesammelte Werke* (edit. M. Caspar & W. van Dyck). München : Beck.

Kepler, J. (1984). *Le secret du monde* (introduction, traduction et notes de A. Segonds à partir d'un essai initial de L.-P. Cousin ; avant-propos de P. Costabel). Paris : Société d'édition « Les Belles Lettres ».

Koyré, A. (1966). *Études galiléennes*. Paris : Hermann. Édit. orig. : 1939.

Koyré, A. (2016). *La révolution astronomique : Copernic, Kepler, Borelli*. (L'Âne d'or ; 57). Paris : Société d'édition « Les Belles Lettres ».

Kusukawa, S. (1995). *The Transformation of Natural Philosophy : The Case of Philipp Melanchthon*. Cambridge : Cambridge University Press.

Luther, M. (1999). *Œuvres : vol. 1* (édition publiée sous la direction de M. Lienhard, M. Arnold ; textes traduits, présentés et annotés par M. Arnold, J. Bosc, R.-H. Esnault [*et al.*]). (Bibliothèque de la Pléiade ; 455). Paris : Gallimard.

Marion, J.-L. (1991). *Sur la théologie blanche de Descartes : analogie, création des vérités éternelles et fondement* (édition corrigée et complétée). (Quadrige ; 135). Paris : Presses universitaires de France. Édit. orig. : 1981.

Marion, J.-L. (2021). *Sur l'égo et sur Dieu* (Questions cartésiennes ; 2). Paris : Presses universitaires de France. Édit. orig. : 1996.

Mehl, É. (2003). Kepler et la fin de la Renaissance : sur le scolie de la Proposition XIII. 18. *Revue d'histoire des sciences*, 56(2), 439-455.

Mehl, É. (2018). Kepler's second Copernican campaign : The search for an annual stellar parallax after the Roman decree (1616). In Fabbri, N., & Favino, F. (edit.), *Copernicus Banned : The Entangled Matter of the Anti-Copernican Decree of 1616* (pp. 191-209.). Firenze : Leo S. Olschki editore.

Mehl, É. (2019). *Descartes et la fabrique du monde : le problème cosmologique de Copernic à Descartes*. (Épiméthée). Paris : Presses universitaires de France.

Mehl, É (2022). Kepler, l'éclaireur. In Arbib, D., Carraud, V., Mehl, E., & Schweidler, W. (eds.). *Mirabilis scientiae fundamenta : Der Anfang der kartesischen Philosophie* (sous presse). Alber Verlag.

Platon (1985). *Timée. Critias* (texte établi et traduit par A. Rivaud ; 6e tirage). (Collection des universités de France : Œuvres complètes ; 10). Paris : Société d'édition « Les Belles Lettres ».

Rheticus, G. J. (1982). *Narratio prima* (édition critique, traduction française et commentaire par H. Hugonnard-Roche et J.-P. Verdet avec la collaboration de

M.-P. Lerner et A. Segonds). (Studia copernicana ; 20). Wrocław ; Warszawa ; Kraków : Ossolineum.

Seidengart, J. (2020). *L'univers infini dans le monde des Lumières*. (L'âne d'or ; 67). Paris : Société d'édition « Les Belles Lettres ».

Simon, G. (1979). *Kepler : astronome – astrologue*. (Bibliothèque des sciences humaines). [Paris] : Éditions Gallimard.

Prochainement

Andrea Bréard
« History of Science and Technology in China » : une histoire vue de l'intérieur de la Chine

Maurice A. Finocchiaro
Copernic et Galilée en tant que lecteurs de Platon

Godofredo Iommi Amunátegui
Libres propos inspirés par une biographie d'Alexandre Koyré

Jean-Pierre Fréchét
Des probabilités négatives ?

Jean-Michel Maldamé
La quête de l'origine : approche phénoménologique

Astrid Modera
Qu'est-ce que le vivant ?
Perspective relationnelle en biologie

Découvrez dès à présent ces textes sur la première page de notre site, rubrique « les publications à venir »

Revue des Questions Scientifiques, 2021, 192 (3-4) : 281-300

L'empreinte de Kepler en astronomie contemporaine

Jean-René Roy
Département de physique, génie physique et optique
Université Laval
jrroy.astro@gmail.com

Résumé. – Le 27 décembre 2021 marque le 450e anniversaire de la naissance de Johannes Kepler (1571-1630). Si Nicolas Copernic et Galileo Galilei sont le plus souvent présentés comme les phares de la révolution astronomique, Kepler est malheureusement parfois perçu comme un acteur secondaire dont le rôle et le travail auraient seulement servi de fondement à Isaac Newton (1643-1727) dans l'élaboration de sa théorie de la gravitation universelle. Newton a été l'héritier génial de Kepler en intégrant magistralement et naturellement la nouvelle mécanique céleste de ce dernier dans sa théorie de la gravitation. Considérant où Kepler se situe historiquement, il mérite d'être élevé au panthéon des géants qui ont transformé notre vision de l'univers et établi les fondements de la science contemporaine. Après un bref rappel de son œuvre, je montre que la pensée et la méthode de Kepler persistent profitablement dans l'astronomie d'aujourd'hui.

Abstract. – The 27th of December 2021 marks the 450th anniversary of the birth of Johannes Kepler (1571-1630). While Nicolaus Copernicus and Galileo Galilei are most often portrayed as beacons of the astronomical revolution, Kepler is sadly sometimes perceived as having played a minor role, his work having merely served to lay the groundwork for Isaac Newton's (1643-1727) theory of universal gravitation. Newton was indeed a brilliant beneficiary of Kepler's work, masterfully and naturally integrating the latter's new celestial mechanics into his theory of gravitation. Considering the prominent place that Kepler occupies in history, one could argue that he deserves to be elevated to a position of utmost importance in the Astronomical Hall of Fame in terms of his contributions towards transforming our view of the universe and laying the foundations for contemporary science. Following a brief review of his work, I endeavour to demonstrate how Kepler's thinking and methodology still exert a strong influence on contemporary astronomy.

Mots-clés. – Exoplanètes — Kepler, Johannes — Masse sombre — MOND — Newton, Isaac— Trou noir — Voie lactée

Plan de l'article

1. Introduction

Kepler fut un contemporain de Galilée (1564-1642) avec qui il échangea livres et correspondance, mais leur relation demeura difficile, l'astronome italien manifestant peu d'ouverture envers son jeune collègue (Bucciantini, 2008; Koyré, 1961, pp. 388-389). Si Kepler n'est pas reconnu dans l'imaginaire populaire au même titre que son contemporain Galilée, ses contributions sur le plan de la mécanique céleste et des principes optiques sont encore plus fondamentales que celles du flamboyant savant italien. Les réalisations de Kepler et l'impact de ses travaux vont bien au-delà des trois lois du mouvement planétaire. Par exemple, Max Caspar a décrit Kepler comme le fondateur de l'optique moderne (Caspar, 1993, pp. 142-146).

Il existe une riche littérature en histoire des sciences du XVIIe siècle, et ces dernières années ont vu la parution de plusieurs ouvrages et thèses portant sur l'astronome allemand qui vécut et travailla au cœur des pays d'Europe centrale déchirés par la Réforme et la Contre-Réforme. Dans un survol éclairant des traductions des ouvrages de Kepler et des œuvres à propos du grand astronome, l'historien américain Owen Gingerich a fourni une perspective éclairante sur la présence de Kepler dans ces études (Gingerich, 2002).

Le legs mémorable et le plus vivant de Kepler est son ensemble des trois lois du mouvement planétaire : les planètes se déplacent sur des orbites elliptiques à vitesse variable, au sein desquelles le mouvement circulaire est un cas particulier d'orbite elliptique d'excentricité zéro[1]. Kepler utilisa l'ensemble des observations les plus précises de son époque, effectuées durant des décennies

1. Lois de Kepler. 1re : Les planètes se déplacent autour du Soleil sur des orbites ayant la forme d'une ellipse; le Soleil occupe l'un des foyers. 2e : Le rayon vecteur, reliant une planète au Soleil, balaie des aires égales, dans des temps égaux. 3e : Le rapport du carré des périodes de révolution au cube de leur distance moyenne au Soleil est constant.

par l'astronome danois Tycho Brahe (1546-1601). Suite à un travail acharné, Kepler proposa les deux premières lois dans l'*Astronomie Nova* en 1608, et la troisième dans l'*Harmonices Mundi* en 1619. Dans les trois volumes de l'*Epitome Astronomiae Copernicana* (1617, 1620 et 1621), il synthétisait sa pensée sur le système héliocentrique de Nicolas Copernic, cette fois-ci fondé sur des orbites elliptiques avec vitesse variable selon la distance aux foyers de l'ellipse. Non seulement il rendait compte des mouvements rétrogrades et expliquait les variations en brillance des planètes, mais il débarrassait le système de Copernic des orbes excentriques et des multiples épicycles dont l'astronome polonais n'avait pu se défaire. Il en résultat, dans les *Tables rudolphines* de 1627, les éphémérides les plus exactes jamais publiées.

Les historiens nous rappellent néanmoins que les textes de Kepler sont ardus (Mehl, 2011). Gerald Holton, l'historien de l'Université Harvard, insiste crûment : « *The three laws of planetary motion of Kepler, without which Newton could not have succeeded, are so deeply buried under mountains of debris that even Newton found it difficult to acknowledge his indebtedness explicity*. » (Holton, 1993, pp. 100-101). Peut-être cette opacité des écrits de Kepler est-elle l'une des raisons du refus obstiné par Galilée des formes elliptiques des orbites planétaires et du mouvement non uniforme proposés par Kepler. Pour des raisons que les historiens tentent d'éclaircir, Galilée a toujours refusé les orbites elliptiques mises audacieusement en avant par Kepler[2].

2. Sur les pas de Kepler

L'application des lois de Kepler s'est faite rapidement dès le XVII[e] siècle avant qu'elles ne soient assimilées dans la théorie de la gravitation universelle qu'Isaac Newton (1643-1727) publia dans les *Principia* en 1687 (Christianson, 1984, p. 83). Si Galilée promouvait la nature copernicienne des « étoiles médicéennes » de Jupiter qu'il découvrit en 1610, l'astronome belge Godefroy Wendelin (1580-1667) fit un pas de plus en montrant que la troisième loi de Kepler s'appliquait également aux quatre satellites de Jupiter. Selon une lettre de Wendelin à l'astronome italien Giovanni Battista Riccioli (1598-1671), Wendelin aurait fait cette proposition dans les années 1640, mais il aurait pu émettre cette proposition dès 1624 à partir d'observations de l'érudit Nicolas-Claude Fabri de Peiresc (1580-1637), un ami de Galilée (Reinbold,

2. Voir le commentaire de la traductrice C. Dorisa Hellman dans Caspar (1993), pp. 136-137.

1990, p. 107). Comme ce dernier, Peiresc travaillait à établir une méthode visant à déterminer la longitude en mer à partir des éclipses des lunes de Jupiter dont les éphémérides auraient assuré la chronométrie. Kepler n'est pas demeuré en reste. Utilisant les données de l'astronome allemand Simon Mayer (1573-1624), il utilisa les lunes de Jupiter dans son *Epitome Astronomiae Copernicanae* pour illustrer sa troisième loi du rapport entre le carré de la période et le cube de la distance (Frisch, 1866, p. 361)[3].

L'astronome hollandais Christiaan Huygens (1629-1695) construisit les meilleures lunettes astronomiques de son époque et fut un fin observateur. Il découvrit les anneaux de Saturne et en fit une interprétation correcte. Il observa maintes fois les satellites de Jupiter. Comme le souligne l'éditeur des œuvres de Huygens, il est à regretter que Huygens se bornât à donner des esquisses peu importantes et qu'il ne mesurât jamais les positions des satellites ; il en comprenait néanmoins l'importance. Se plaçant dans le cadre des tourbillons de René Descartes (1596-1650), Huygens écrit :

> « *Duorum planetarum, in eodem vortice circulatorum, tempora periodica sunt inter se ut radices quadratae cuborum a distantiis corum a centro vorticis. Hoc de planetis circa solem primus observavit Keplerus, deinde de cometibus jovis Wenderlinus.* » (Huygens, 1672, p. 116).
>
> [« Les périodes temporelles [de révolution] de deux planètes circulant dans le même vortex sont entre elles comme la racine carrée du cube à la distance du noyau du centre du vortex. Kepler a observé cela d'abord sur les planètes autour du Soleil, puis Wenderlin sur les comètes [sic] de Jupiter. »]

C'est donc à Kepler que revient le mérite d'avoir éliminé les échafaudages d'orbites circulaires excentriques et les épicycles de Copernic. Kepler a fondé la cohérence du modèle héliocentrique en démontrant que Mars et les autres planètes parcouraient, à vitesses variables, des trajectoires elliptiques. Pour justifier une force variant en fonction de la distance permettant d'expliquer le mouvement non uniforme et la vitesse de révolution décroissante, Kepler s'est restreint à de vagues allusions d'une force quasi magnétique émanant du Soleil (Koyré, 1961, pp. 320-327). C'est avec Newton que les lois de Kepler acquerront leur *pretium es*, leur valeur constitutive dans le cadre de la loi de la gravitation universelle des *Principia*. Évidemment, on ne peut aujourd'hui considérer Kepler indépendamment de Newton. L'ère astronautique et celle

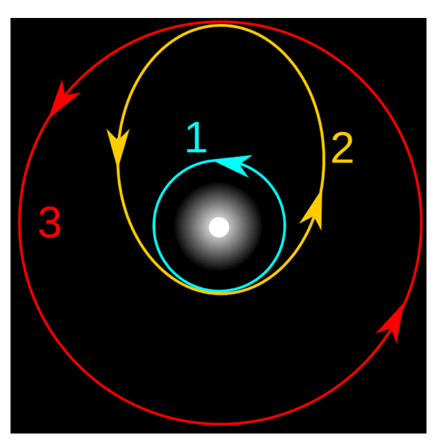
3. Dans son *Mundus Iovialis*, Mayer clamait sa priorité dans la découverte des satellites de Jupiter, ce qui l'amena en conflit direct avec Galilée.

des exoplanètes illustre autant la fécondité de la forme elliptique des trajectoires astrales mise en avant par Kepler ainsi que la puissance interprétative de la grande loi de Newton.

3. Kepler dans l'espace et chez les exoplanètes

L'astronautique d'aujourd'hui offre un feu d'artifice d'applications et d'usages des lois de Kepler : particulièrement spectaculaires sont les missions interplanétaires comme *Voyager 1 & 2* vers les planètes géantes ; *New Horizons* qui frôla Pluton pour atteindre ensuite l'objet transneptunien Arrokoth ; *Rosetta* qui rejoignit et accompagna la comète Churyomov-Gerasimenko ; ou encore l'ensemble des missions spatiales vers le Soleil, la Lune, Mercure et Vénus. Tous ces engins empruntent des trajectoires décrites par les trois lois de Kepler, qu'elles soient elliptiques, paraboliques ou hyperboliques, ou des combinaisons de ces trois formes (p. ex. les sondes *Voyager* ou *New Horizons*). Évidemment comme d'autres sondes, *New Horizons* n'aurait pas atteint Pluton sans l'apport essentiel du calcul des perturbations, initié par Newton et élaboré par les mathématiciens de l'âge d'or de la mécanique céleste aux XVIII[e] et XIX[e] siècles.

Une des techniques les plus efficaces pour mettre en orbite un engin autour d'un autre corps céleste est celle des orbites de transfert de Hohmann (Hohmann, 1928). Proposée par l'ingénieur allemand Walter Hohmann, une telle orbite est elliptique : elle permet d'amener un objet de son périhélie (p. ex. que nous supposons à l'orbite de la Terre) pour atteindre, à son aphélie, un objet cible (p. ex. Mars) (illus. n°1). L'orbite de transfert requiert une synchronisation précise, mais minimise l'énergie requise. C'est une technique astronautique qui aurait réjoui Kepler et la diversité des trajectoires utilisées l'aurait surement étonné. Il n'est donc pas inopportun qu'on ait baptisé *Kepler* la plateforme d'exploration et de recherche d'exoplanètes lancée par la



Illus. n°1.
Schéma d'une orbite de transfert de Hohmann.
Source : Wikipédia Commons/Waterced.

NASA en 2009 ; *Kepler* voyage libre sur une orbite autour du Soleil à la traine par rapport à la Terre.

À ce jour, plus de 2500 exoplanètes identifiées par la mission *Kepler* ont été confirmées par des observations de suivi au sol ou dans l'espace. On dérive les paramètres orbitaux, puis on complète les caractéristiques des orbites en se fondant sur les trois lois de Kepler. Les astronomes observent ainsi les systèmes d'exoplanètes à la manière dont Kepler, Wendelin et Huygens analysèrent, au XVIIe siècle, les satellites orbitant autour de Jupiter.

Ces centaines d'exosystèmes de planètes offrent une variété de configurations, en nombre suffisant pour déduire comment évolue l'architecture des orbites, d'une fascinante diversité, des systèmes planétaires. En effet, la plupart des systèmes d'exoplanètes observés jusqu'ici sont loin d'être des copies carbone du système solaire. Le riche éventail des formes elliptiques devient ainsi révélateur de l'évolution des systèmes planétaires.

Donnons un exemple. L'étoile HR 5183 située à une centaine d'années-lumière s'accompagne d'une planète géante ayant trois fois la masse de Jupiter ; cette planète voyage sur une orbite d'une période de 45 ans. Cependant, la dimension et l'ellipticité de l'orbite ressemblent plutôt à celles des comètes de notre système solaire. Ce comportement d'orbites très excentriques semble fréquent. Les modélisations numériques suggèrent que les systèmes à forte ellipticité se sont formés avec leurs planètes occupant des orbites d'abord quasi circulaires. Par la suite, les « collisions » et les interactions entre planètes auraient forcé l'évolution vers des orbites d'ellipticité très prononcée.

Ce chaos dynamique mène à des architectures variées : pour certains systèmes, les interactions gravitationnelles circularisent les orbites ; pour d'autres, elles augmentent leur excentricité, par exemple lorsqu'une planète géante fusionne avec une ou plusieurs petites (Li *et al.*, p. 116). Ceci fut peut-être le cas de la planète de HR 5183 décrite ci-dessus. Le mécanisme favoriserait les systèmes de planètes de masses élevées, les planètes de faible masse ayant été projetées sur des orbites d'excentricité encore plus élevée (Frelikh *et al.*, p. 47) ; de moindre masse, ces dernières seraient plus difficiles à détecter.

Ces étranges comportements exoplanétaires n'auraient pas étonné Kepler outre mesure, mais l'auraient grandement intrigué. Cependant, ils ne peuvent être expliqués que dans le cadre de la théorie newtonienne des perturbations gravitationnelles. En effet, Kepler ne peut être véritablement compris que par Newton. Abordons un aspect distinct du legs de Kepler : son approche empirique.

4. L'approche phénoménologique de Kepler aujourd'hui

Au-delà de ce bref rappel d'astronautique et d'astronomie planétaire, je désire montrer par deux exemples, tirés de l'astronomie et de l'astrophysique contemporaines la pérennité de la démarche empirique de Kepler. Le premier exemple montre que l'utilisation des lois de Kepler demeure une source de découvertes et d'explications parmi les plus fécondes. Le second exemple permet de mettre en valeur l'approche empirique comme outil phénoménologique. En effet, l'approche phénoménologique de Kepler, qui écarte au départ l'interprétation, s'y révèle efficace. Kepler avait appris sa leçon de l'échec du *Prodromus* où il supposa *a priori* un ordre géométrique préalable par lequel il tenta d'inscrire les orbes des planètes dans une suite de polyèdres, ce que lui avait sévèrement reproché Tycho Brahe (Koyré, 1961, p. 162). Néanmoins, il demeure toujours le danger de juste « sauver les phénomènes ».

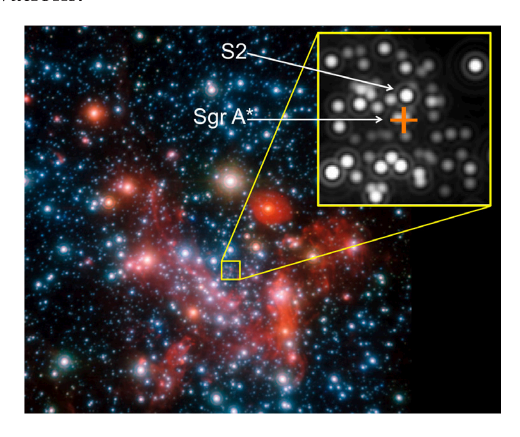
Les deux exemples contemporains que j'ai choisis sont, d'une part, les orbites des étoiles massives en révolution autour du centre de la Voie lactée et, d'autre part, la détermination de la rotation différentielle de la Voie lactée ainsi que celles des galaxies spirales.

4.1. Les étoiles au centre de la Voie lactée et le trou noir supermassif SgrA*

Les trous noirs furent des entités prédites par la relativité générale et la physique quantique, mais leur existence demeura hypothétique, voire douteuse, jusque dans les années 1970 lorsqu'on associa de puissants sursauts de rayons X à des systèmes binaires d'étoiles. La découverte et l'observation des trous noirs représentent une des plus étonnantes avancées de l'astrophysique du XXe siècle. Ce sont les paramètres orbitaux « képlériens » de quelques-unes de ces paires d'objets qui permirent de dériver les masses des objets impliqués, dont l'un d'entre eux paraissait de toute évidence non-lumineux. Il fallut faire appel à des corps ayant plusieurs fois la masse du Soleil : faute de trouver d'autres solutions physiquement acceptables ou tout aussi explicatives, les trous noirs s'avéraient la solution la plus directe.

Cet appel à un trou noir, cette fois extrêmement massif, fut aussi la solution adoptée pour comprendre les phénomènes observés au centre de la Voie lactée. Les auteurs d'un des articles clefs sur les mouvements des étoiles du centre de la Voie lactée l'énoncent clairement : « *Observations of Keplerian stellar orbits in the Galactic Centre that revolve in the gravitational potential created by a highly*

concentrated mass of roughly 4 × 10⁶ M¤ currently constitute the best proof for the existence of an astrophysical massive black hole. » (Gillessen *et al.*, 2009, pp. 1075-1109 ; Ghez *et al.*, 2005, pp. 744-757). En effet, les lois de Kepler sont inhérentes à l'analyse des trajectoires stellaires au cœur de la Voie lactée. Sans surprise, l'article par le consortium de chercheurs de Gravity Collaboration – R. Abuter *et al.*, (2018) fait 4 fois référence à « *Keplerian orbit* » ou « *Keplerian precession* » (Abuter *et al.*, 2018). Celui de Gillessen *et al.* (2009) le fait 7 fois dont l'une à propos de la troisième loi de Kepler. Ces citations constituent un rappel de l'importance et de la pérennité des lois de Kepler. Voyons plus en détail ces observations.



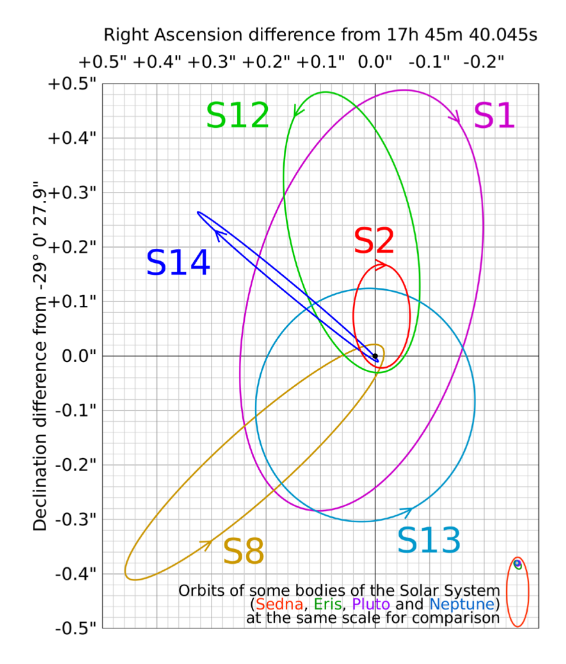
Illus. n°2.
Centre de la Voie lactée observé dans le proche infrarouge au moyen de la caméra d'optique adaptative NACO au Very Large Telescope de l'Observatoire européen de l'hémisphère sud.

L'encadré montre la portion centrale autour du trou noir (montré par une croix) et l'étoile S2 qui se rapproche le plus du trou noir (voir illus. n°3).

Source : ESO/S. Gillessen *et al.* (2008, 2017).

Le centre de la Voie lactée est difficilement observable étant donné, d'une part, la présence de poussières absorbantes et diffusantes qui bloquent notre ligne de visée et, d'autre part, la forte densité stellaire au centre de notre galaxie. Deux techniques mises au point dans les années 1990 ont permis une révolution observationnelle décisive. D'abord, les capteurs infrarouges (donnant accès aux longueurs d'onde de 1 à 5 microns et également moins sensibles à l'absorption interstellaire) ont offert l'imagerie d'un champ de vue relativement grand (illus. n°2). Puis, la mise au point de systèmes d'optique adaptative montés sur les grands télescopes au sol de 8-10 mètres d'ouverture a rendu possible la séparation angulaire des étoiles individuelles dans les champs où les étoiles sont très serrées.

Les images prises à répétition du centre de la Voie lactée ont permis de cartographier le déplacement des étoiles centrales en fonction du temps et de reconstituer leurs orbites comme Kepler le fit pour Mars avec les mesures de Tycho Brahe au début du XVIIe siècle. Deux grands programmes d'imagerie, l'un mené à l'Observatoire européen de l'hémisphère sud (Paranal, Chili) et l'autre aux télescopes Keck et Gemini à Hawaï, ont amassé des données astrométriques sur une période de près de deux décennies, durée suffisamment longue pour mettre en évidence le déplacement des étoiles centrales et en dériver la cinématique et les paramètres orbitaux détaillés (illus. n°3). L'application de la loi de la gravitation a donné la valeur de la masse centrale non lumineuse de 4×10^6 millions de masses solaires, ce qui situe ce trou noir dans la catégorie des mégatrous noirs.



Illus. n°3.
Orbites de six des 26 étoiles du centre galactique pour lesquelles les orbites ont été mesurées.

Les excentricités orbitales varient entre 0,131 jusqu'à 1,105, soit une trajectoire hyperbolique pour cette dernière. La dimension et la forme de l'orbite de S2 sont semblables à celles de l'objet transneptunien Sedna de notre système solaire (en bas à droite)[4].

Source : ESO/S. Gillessen *et al*. (2008).

4. L'orbite de Sedna a un périhélie de $11{,}398 \times 10^9$ km, un aphélie de 140×10^9 km et une excentricité de 0,8496 autour du Soleil. Pluton est à une distance maximale du Soleil (aphélie) de $7{,}376 \times 10^9$ km.

Les observations astrométriques et spectroscopiques de l'étoile S2, la plus proche du trou noir central, ont livré indépendamment les valeurs du mouvement propre de l'étoile sur le ciel et sa vitesse radiale d'où l'on tire le vecteur complet de vitesse. Il a été possible de dériver géométriquement la distance du Soleil au centre de la Voie lactée, soit 8,178 kiloparsecs (kpc[5]) avec une incertitude de seulement 0.3 % (Gravity Collaboration, Abuter *et al.*, 2018). Les observations de cette même étoile voyageant à près de 5000 km/sec au passage du périastre ont aussi révélé l'avance du périastre prédite par la relativité générale. La période de révolution de S2 autour du présumé trou noir central est tout juste supérieure à 16,0 années. Il n'est pas exagéré d'écrire que les observations des étoiles du centre galactique représentent un triomphe de la cinématique keplérienne et de la dynamique newtonienne[6]. Ce n'est que pour l'étoile S2, la plus rapprochée du trou noir, qu'il faut faire appel à la relativité générale pour décrire le comportement en rosette de glissement de son plan orbital.

4.2. Jan Oort, une approche keplérienne de la rotation de la Voie lactée

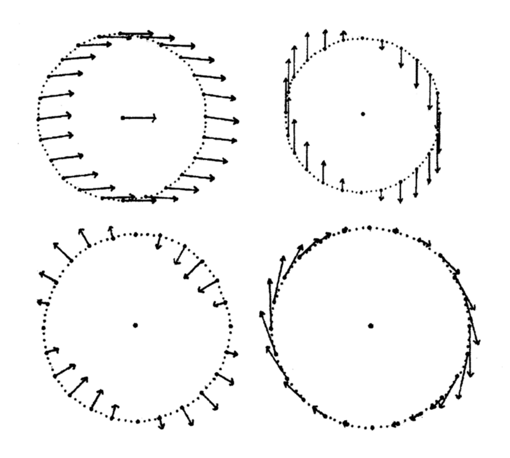
Jusqu'au début du XX[e] siècle, les astronomes supposaient que le mouvement de l'ensemble des étoiles était aléatoire comme celui des molécules dans un gaz. En 1925, l'astronome suédois Bertil Lindblad (1895-1965) inféra que la forme aplatie du système stellaire que nous voyons en projection dans le ciel comme une longue bande lumineuse était due à la rotation d'ensemble du grand système stellaire qu'il supposa de vitesse uniforme (Lindblad, 1925, pp. 1-8). Peu après, le jeune astronome néerlandais Jan Oort (1900-1992) suggéra plutôt un mouvement dont l'amplitude varierait avec la distance au centre, c'est-à-dire une « rotation différentielle » du système des étoiles constituant l'ensemble de la Voie lactée. Le grand mérite de Jan Oort fut d'avoir mis en évidence le caractère différentiel de cette rotation et de l'avoir caractérisé tant dans les mouvements propres et les vitesses radiales des étoiles mesurés en fonction de la longitude galactique[7] ainsi que la distance entre chaque étoile observée et nous. C'est l'approche d'Oort qui est d'intérêt.

5. Unité de distance 1 kpc = 3 261 parsecs ou 3,085 678 × 10^{19} m.
6. Les deux principales équipes qui ont mené ces travaux ont eu leurs efforts honorés par l'attribution du Prix Nobel de physique 2020 à Andrea Ghez de University of California Los Angeles et à Reinhard Genzel du Max-Planck Institüt für Extraterrestrial Physics (Munich).
7. La longitude galactique, mesurée dans le plan de la Voie lactée, est l'angle formé par la direction d'une étoile quelconque avec la ligne Soleil-centre galactique.

Au début du XXe siècle, on ignorait si la gravitation universelle de Newton s'appliquait à des échelles beaucoup plus grandes que celle du système solaire. Dans la foulée de son maître Jacobus Kapteyn (1851-1922), Oort déclare avoir copié la méthode de Kepler[8] qui détermina les orbites de Mars et de la Terre en se plaçant de manière imaginaire sur Mars pour construire l'orbite de la Terre autour du Soleil. Oort rappelait l'écueil du principe selon lequel les orbites des planètes devaient être décrites par des cercles en mouvement uniforme : celui-ci bloqua le progrès des idées pendant des siècles. Oort insistait donc sur l'importance d'être très prudent vis-à-vis des hypothèses et des spéculations ; il fallait d'abord obtenir les observations les plus précises possibles, sans inférer le mécanisme physique des vitesses stellaires. D'ailleurs, Oort enseignait à ses étudiants les détails de la méthode que Kepler appliqua à Mars pour établir les mouvements des étoiles de la Voie lactée (van der Kruit 2021, pp. 307-309).

L'illustration n°4 montre le patron des mouvements dans un système en rotation différentielle pour un observateur placé quelque part hors du centre de la Voie lactée, ici à la position du Soleil. Si nous avions une rotation rigide ou uniforme, tout paraîtrait immobile relativement aux autres parties. Comme Kepler, Oort imagina l'apparence des mouvements du système stellaire en mouvement différentiel dans le cadre proposé par Lindblad. La figure du haut à gauche montre le Soleil au centre d'un cercle imaginé d'étoiles de 1 kiloparsec de diamètre, les étoiles étant en mouvement autour du centre vers le bas de l'illustration présumé à 8 kiloparsecs du Soleil. Les vecteurs montrent la direction et l'ampleur des vitesses considérées ici comme étant toutes égales (en km/sec). La seconde figure du haut à droite montre la vitesse relative de ces étoiles par rapport au Soleil avec une amplitude (longueur du trait) amplifiée par un facteur 20 comparée à la figure de gauche. Le panneau du bas à gauche montre les composantes de vitesse radiale, c'est-à-dire dans la ligne de visée étoile-Soleil, qu'on mesure par spectroscopie en utilisant l'effet Doppler-Fizeau — un décalage en longueur d'onde proportionnel à la vitesse le long de la ligne de visée. Le panneau du bas à droite illustre la composante perpendiculaire, soit la vitesse tangentielle qu'on détermine par la mesure du mouvement propre, soit le mouvement dans le plan du ciel.

8. On trouve de bonnes descriptions de la démarche de Kepler dans Alexandre Koyré, *La révolution astronomique* (Koyré, 1961, pp. 172-185) et dans Arthur Koestler, *Les somnambules* (Koestler, 2012, pp. 309-335).



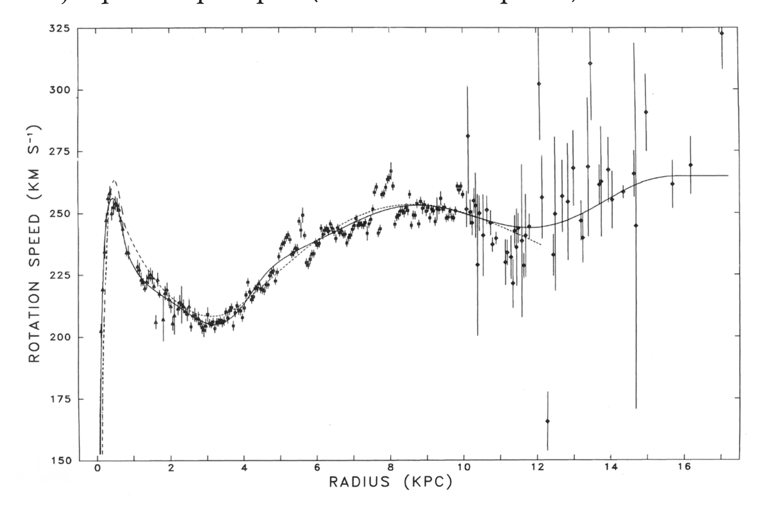
Illus. n°4.
Patrons des mouvements stellaires apparents dans un système en rotation différentielle autour d'un centre éloigné.
Source : Peter van der Kruit.

Il est possible de construire un modèle pour toute distance au centre de l'étoile ou de l'observateur. Si on examine le panneau de vitesses radiales (en bas à gauche), on distingue un comportement systématique : la vitesse est zéro dans la direction du centre et de l'anti-centre. Allant dans le sens contraire des aiguilles, la vitesse radiale augmente d'abord puis décroit jusqu'à zéro à 90° par rapport à la direction au centre, et ainsi de suite dans les quadrants subséquents. Ceci illustre le défi d'établir les mouvements d'un ensemble dont chaque composante est en mouvement relatif.

Oort mit ensemble les observations de vitesses radiales d'étoiles qu'il trouva dans la littérature et confirma le patron qu'il avait imaginé pour un système avec rotation différentielle des étoiles dans un disque (Oort, 1927, pp. 275-282). La prédiction était un comportement des vitesses en onde double, soit une fonction sinusoïdale. Les données plutôt imprécises d'alors correspondaient qualitativement au modèle d'Oort, et l'amplitude des vitesses dépendait de la distance des étoiles au Soleil et au centre de la Voie lactée[9]. Le mouvement propre des étoiles donnait la vitesse tangentielle, montrant aussi une fonction sinusoïdale. L'approche « à la » Kepler s'avéra des plus fructueuse.

9. L'effet de distance sur la rotation différentielle est décrit par les deux constantes d'Oort, A et B. Étant donné les multiples interactions entre les différentes étoiles, les orbites galactiques des étoiles ne se referment pas sur elles-mêmes, mais forment avec le temps des figures de Lissajous.

Les observations d'Oort permirent de dériver la vitesse orbitale du Soleil entre 250 et 300 km/sec et la vitesse du Soleil par rapport au référentiel local (Local Standard of Rest – LSR) qui est d'environ 30 km/sec. Les travaux de l'astronome canadien John Stanley Plaskett de l'Observatoire fédéral du Dominion (Victoria CB) permirent d'assoir le modèle de rotation différentielle proposé par Oort. Aujourd'hui, grâce à des observations menées à des longueurs d'onde diverses du spectre électromagnétique, la rotation différentielle de la Voie lactée est bien établie (illus. n°5). On note des comportements différents selon la distance galactocentrique — celui d'un corps rigide dans la partie intérieure à R = 1 kiloparsec (kpc), une décroissance à la Kepler de R = 1 - 2 kpc, puis une valeur relativement constante, soit un plateau autour de 225 km/s jusqu'à 20 kpc et plus (Clemens, 1985, p. 422)[10].



Illus. n°5.
Courbe de rotation de la Voie lactée à partir des vitesses mesurées des raies du monoxyde de carbone (CO) interstellaire.

Les vitesses (ordonnées) sont en km/sec et les distances galactocentriques (abscisse) en kiloparsec.

Source : Clemens, *The Astrophysical Journal* (1985).
© AAS. Reproduite avec permission.

Si je souligne la perspective keplérienne qu'employa Jan Oort pour démontrer la rotation différentielle de la Voie lactée, la plus grande surprise a été le comportement en plateau des vitesses orbitales en fonction de la distance galactocentrique : les astronomes le caractérisent de « courbe de rotation plate ». D'importantes questions sur la nature de sa masse et sur sa distribution dans la Voie lactée émergent, sujet épineux que j'aborde maintenant.

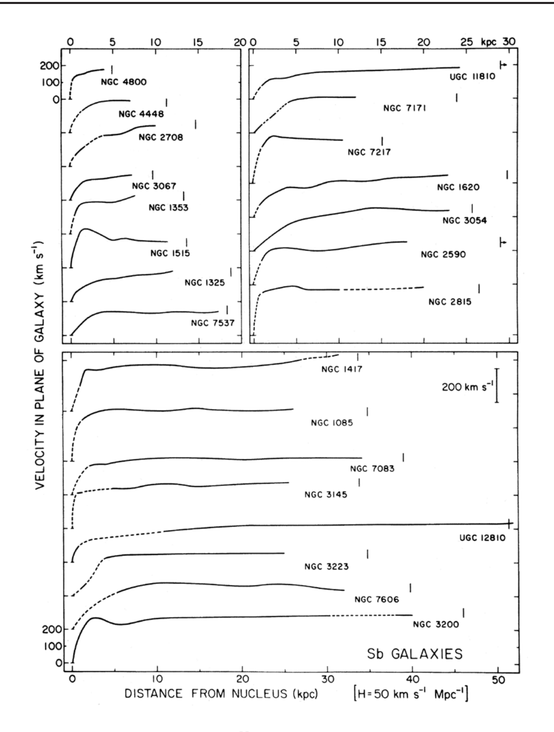
10. Unité de distance 1 kpc = 3 261 parsecs ou 3,085 678 × 10^{19} m.

4.2.1. L'étrange dynamique stellaire des galaxies spirales

Selon la loi de la gravitation de Newton, la vitesse orbitale d'un astre ou de tout autre corps est déterminée par la masse totale circonscrite à l'intérieur de son orbite, et la distance à cette masse qui peut être considérée comme ponctuelle. Dans un système planétaire, l'essentiel de la masse réside dans une étoile centrale. Ainsi la vitesse de révolution des planètes diminue avec la distance au Soleil (qui contient 99,8 % de la masse totale du système solaire) selon Kepler-Newton, d'où l'appellation « décroissance keplérienne ». Pour la Voie lactée, c'est ce qui est observé entre 1 et 2 kpc (illus. n°5), zone à l'intérieur de laquelle se trouve la plus grande partie de matière visible (étoiles, gaz et poussières interstellaires). Nous avons néanmoins affaire à une masse étendue qui va bien au-delà de 2 kpc. Cependant, le fait que la décroissance des vitesses ne suit pas la distribution de masse lumineuse, atteignant un plateau au-delà de l'essentiel de la masse lumineuse, est des plus intrigant.

En 1970, l'astronome australien Kenneth Freeman nota le même phénomène de courbes de rotation « plates » dans plusieurs galaxies proches. Il suggéra l'existence de matière « non détectée » ou de « masse additionnelle » au-delà de l'extension visible des galaxies (Freeman, 1970, pp. 811-830). Durant la même décennie et la suivante, une jeune astronome américaine, Vera Rubin (1928-2016), du Carnegie Institution of Washington, son collègue Kent Ford et divers collaborateurs démontrèrent que, pour un grand nombre de galaxies spirales, les vitesses de révolution mesurées, loin de diminuer selon la troisième loi de Kepler (ou selon Newton) comme attendu de la distribution de la matière lumineuse, augmentaient et plafonnaient (p. ex. Rubin *et al.*, 1982, pp. 419-456) (illus. n°6).

En 1937, la présence possible de « matière sombre » avait déjà été inférée par l'astronome suisse Fritz Zwicky (1898-1974) pour expliquer les vitesses énormes des galaxies appartenant aux grands amas de galaxies (Zwicky, 1937, pp. 217-246). L'hypothèse maintenant acceptée, mais non prouvée, fut qu'il existerait de grandes quantités de matière transparente ou invisible ; cette matière serait de nature différente de celle que l'on connaît. Apparemment transparente au rayonnement électromagnétique et non sujette aux collisions, la « matière sombre » interagirait très peu avec les baryons ou les leptons de la matière qui nous est familière.



Illus. n°6.
Courbes de rotation pour 23 galaxies spirales de type Sb.
Source : Vera Rubin et al., *The Astrophysical Journal*, 1982.

L'hypothèse de matière sombre suscita d'abord de la résistance, mais fit lentement son chemin. Pour les théoriciens, elle remplissait le rôle important de stabilisation des disques stellaires des galaxies. En cosmologie contemporaine, le modèle cosmologique standard de « *cold dark matter* » (CDM) l'exige pour intégrer tous les paramètres cosmologiques comme le taux d'expansion, la structure à grande échelle, la constante cosmologique Λ et l'âge de l'univers. Jusqu'à aujourd'hui, la matière sombre demeure une hypothèse. Malgré des efforts expérimentaux considérables depuis quatre décennies pour révéler diverses formes subatomiques présumées de cette matière transparente et invisible, rien n'a été trouvé[11]. Personne n'a découvert la matière sombre et on ignore si elle existe vraiment.

Devant l'impasse expérimentale, plusieurs théoriciens rétifs à l'hypothèse de matière sombre ont adopté une voie différente : celle de supposer que la loi de la gravitation de Newton ne s'applique pas aux échelles des dimensions ga-

11. Pour un tour d'horizon de la question de la « subliminal mass », voir les chapitres 6 et 7 de P. J. E. Peebles (2020).

lactiques, c'est-à-dire à celles des dizaines de milliers d'années-lumière et plus ; on ne peut donc pas s'attendre à une décroissance keplérienne-newtonienne en fonction de la distance galactocentrique. Le champion de cette école de pensée est le physicien israélien Mordehai Milgrom qui proposa, d'abord en 1981, puis dans une série d'articles en 1983, l'alternative MOND (*Modified Newtonian dynamics*) qui s'appliquerait dans les conditions de très faibles accélérations (Milgrom, 1985, pp. 371-383). Pour Milgrom, les données parlent d'elles-mêmes et il n'y a pas besoin de masse sombre.

Milgrom et ses collaborateurs adoptèrent une approche phénoménologique : MOND ne fait pas appel à la matière sombre. Milgrom *et al.* supposent un cadre théorique différent pour expliquer les comportements des vitesses de rotation et emploient les relations entre les comportements des courbes de rotation et les valeurs globales de paramètres physiques pertinents[12]. MOND tente d'expliquer deux choses : 1°) les vitesses orbitales des étoiles ne sont pas seulement plus grandes que prédites par la masse lumineuse, mais elles augmentent en fonction de la distance galactocentrique, puis demeurent élevées jusqu'aux limites des observations optiques et radio ; 2°) les vitesses élevées apparaissent invariablement dans les régions de l'espace où l'accélération gravitationnelle diminue sous une valeur critique. Ce seuil est établi empiriquement à environ $1{,}20 \times 10^{-10}$ m s^{-2}. Par comparaison, la force de gravité à la surface de la Terre correspond à une accélération g = 9,807 m s^{-2}.

MOND permet de prédire, pour quelque galaxie que ce soit, exactement l'endroit où le mouvement déviera de la dynamique newtonienne, de même que le niveau du plateau asymptotique des courbes de rotation (Merritt, 2020b). Une autre prédiction de MOND est que la masse totale (baryonique) est proportionnelle à la quatrième puissance de la vitesse de rotation mesurée loin du centre, ou $\langle V^2 \rangle^{1/2} \approx V_{rms} = \text{const.} \times M^{1/4}$, une relation unique entre la masse totale M et V_{rms}. La relation entre masse et V_{rms} est connue sous le nom de relation baryonique de Tully-Fisher (BTFR), du nom des deux astronomes qui établirent la relation empirique (Tully & Fisher, 1977). Cette loi empirique s'applique sur un domaine de masses cosmiques en équilibre allant de 10^4 à 10^{15} masses solaires.

Pour l'historien et le philosophe des sciences, le dilemme matière sombre *vs* MOND est des plus fascinants autant en raison des enjeux cosmologiques que des aspects épistémologiques du débat (Merritt, 2020a). La question est d'un énorme intérêt et nul ne peut actuellement prévoir qui, du modèle standard ou

12. Un survol approfondi de MOND est présenté par David Merritt (2020a).

d'une théorie alternative, prévaudra. On peut d'autre part mettre en parallèle Kepler (et Tycho Brahe), qui établit la vitesse orbitale des planètes sans faire appel à une théorie spécifique, et Rubin et Ford qui ont mesuré pendant des décennies les courbes de rotation de centaines de galaxies. Ce que je souligne ici est l'approche « à la Kepler » de Rubin, Ford et de leurs collaborateurs, qui mettent en lumière une loi de Rubin-Ford. Les exemples de Kepler et de Rubin montrent qu'on peut déboucher sur une vision explicative de l'univers que nul ne pouvait imaginer.

J'oserais décrire l'approche du modèle standard comme rappelant celle du géocentrisme avec ses épicycles. MOND l'est aussi, dans la mesure où l'on ajoute un élément pour le moment arbitraire qui permet de « sauver les apparences », soit le seuil critique où la dynamique Kepler-Newton ne s'applique plus. D'aucuns critiquent le modèle standard, dont les succès paraissent fulgurants, parce qu'il accroit la précision de notre ignorance plutôt que d'améliorer notre connaissance du réel. Il demeure que l'approche phénoménologique de MOND présente le danger de briser ce qui fonctionnait. La détection de particules exotiques ayant la masse et les propriétés requises amènerait probablement le triomphe du modèle CDM. Notons que ce n'est pas une question de choix dichotomique entre le modèle standard et MOND. Il y a des modèles alternatifs au modèle standard, et MOND en est un.

5. Conclusion

Les lois du mouvement planétaires de Kepler furent rapidement étendues aux satellites de Jupiter par Kepler lui-même, Wendelin et Huygens dès le milieu du XVIIe siècle. Au XXIe siècle, l'exploration des systèmes exoplanétaires illustre la pérennité de ces mêmes lois qu'on ne peut dissocier de la dynamique newtonienne. Étonnamment, Kepler-Newton est tout ce dont nous avons besoin pour déterminer la masse du mégatrou noir au centre de la Voie lactée. Les orbites stellaires fortement elliptiques maintiennent des distances suffisamment grandes au trou noir central, même à leur périastre, pour que Newton suffise et donc la troisième loi de Kepler.

Pour établir la rotation différentielle de notre grand système stellaire qu'est la Voie lactée, Jan Oort se fit disciple de Kepler. Les courbes de rotation « plates » mesurées dans les galaxies spirales défient la physique newtonienne : la présence d'une matière « sombre » semble l'explication la plus immédiate, mais l'hypothèse nécessitera peut-être une nouvelle physique des particules

fondamentales. En contraste, MOND se contente d'un « amendement » à Kepler-Newton pour produire une sorte de loi Kepler-Newton modifiée. C'est d'ailleurs son talon d'Achille. Même si des versions qui intègrent la relativité générale ont été proposées avec plus de succès, les controverses restent nombreuses. Cette évolution d'apparence chaotique de notre entendement du cosmos met en lumière l'héritage de Kepler, tant pas la démarche que par les étonnantes avancées dans notre compréhension de la mécanique du ciel.

Remerciements

Je remercie Eduardo Hardy (Observatoire ALMA), Serge Pineault (Université Laval) et Éric Poisson (University of Guelph) pour leur lecture critique, à diverses étapes, de ce manuscrit et pour leurs échanges éclairants. Peter van der Kruit (University of Groningen) a gracieusement fourni l'illustration 4 du patron des vitesses d'un système en rotation différentielle. D. P. Clemens (Boston University) a offert l'illustration 5 de la courbe de rotation de la Voie lactée. Je remercie les lecteurs anonymes de la *Revue des questions scientifiques* pour leur lecture critique et suggestions fort pertinentes.

Bibliographie

Bucciantini, M. (2008). *Galilée et Kepler : philosophie, cosmologie et théologie à l'époque de la Contre-Réforme*. Paris : Les Belles Lettres.

Caspar, M. (1993). *Kepler*. New York : Dover Publications Inc.

Christianson, G. E. (1984). *In the Person of the Creator, Isaac Newton & His Times*. New York : The Free Press.

Clemens, D. P. (1985). Massachussetts – Stony Brook Galactic Plane CO Survey, The Galactic Disk Rotation Curve. *The Astrophysical Journal*, 295, 422.

Connor, J. A. (2004). *Kepler's Witch, An Astronomer's Discovery of Cosmic Order Amid Religious War, Political Intrigue and the Heresy Trial of His Mother*. New York : HarperSanFrancisco.

Christianson, J. R. (2000). *On Tycho's Island : Tycho Brahe and His Assistants 1570-1601*. Cambridge : Cambridge University Press.

Freeman, K. C. (1970). On the Disks of Spiral and S0 Galaxie. *The Astrophysical Journal,* 160, 811-830.

Frelikh, R., *et al.* (2019), Signatures of a Planet-planet Impacts Phase Ion Exoplanetary Systems Hosting Giant Planets. *The Astrophysical Journal Letters*, 884 (2), L47, 8 p.

Ghez, A. M. *et al.* (2005). Stellar Orbits around the Galactic Center Black Hole. *The Astrophysical Journal*, 620 (2), 744-757.

Gillessen, S. *et al.* (2009). Monitoring Stellar Orbits Around the Massive Black Hole in the Galactic Center. *The Astrophysical Journal*, 692 (2), 1075-1109.

Gingerich, O. (2002). Kepler Then and Now. *Perspectives on Science*, 10, 228-240.

Gravity Collaboration, Abuter, R. *et al*. (2018). Detection of the Gravitational Redshift in the Orbit of the Star S2 Near the Galactic Centre Massive Black Hole. *Astronomy and Astrophysics*, 615, L15, 10 p.

Hohmann, W. (1960). *The Attainability of Heavenly Bodies* (traduction de *Die Erreichbarkeit der Himmelskörper*, 1928). Washington D. C. : NASA Technical Translation F-44.

Holton, G. (1996). *Einstein, History, and Other Passions : The Rebellion Against Science at the End of the Twentieth Century*. Reading MA : Addison-Wesley Publishing Company.

Huygens, C. (1925). *Œuvres complètes de Christian Huygens* (publiées par la Société hollandaise des sciences), vol. 10 : *Recueils des observations astronomiques* (Manuscrit D). La Haye : Martinus Nijhoff, 1925. Édit. orig. : 1672.

Kepler, J. (1866). *Joannis Kepleri Astronomi Opera Omnia* (ed. Chr. Frisch). Fankfurt-am-Main : Heyder & Zimmer.

Koestler, A. (2012). *Les somnambules*. Paris : Les Belles Lettres.

Koyré, A. (1961). *La révolution astronomique : Copernic, Kepler, Borelli*. Paris : Hermann.

Li, G. *et al*. (2014). Eccentricity Growth and Orbit Flip in Near-Coplanar Hierarchical Three-Body Systems. *The Astrophysical Journal*, 785, 116, 8 p.

Lindblad, B. (1925). Star-Streaming and the Structure of the Stellar System. *Arkiv für matematik, astronomi och fysik*, 19 (A), 1-8.

Mehl, Ed. (dir.) (2011). *Kepler : la physique céleste. Autour de l'« Astronomia Nova »*. Paris : Les Belles Lettres.

Merritt, D. (2020a). *A Philosophical Approach to MOND*. Cambridge : Cambridge University Press.

Merritt, D. (2020b). A Non-Standard Model. *AEON*. https://aeon.co/essays/we-should-explore-alternatives-to-the-standard-model-of-cosmology

Milgrom, M. (1983). A Modification of the Newton Dynamics : Implications for Galaxies. *The Astrophysical Journal*, 270, 371-383.

Oort, J. (1927). Observational Evidence Confirming Lindblad's Hypothesis of a Rotation of the Galactic System. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands*, 3, 275-282.

Peebles, P. J. E. (2020). *Cosmology's Century : An Inside Story of Our Modern Understanding of the Universe*. Princeton : Princeton University Press.

Reinbold, A. (édit.) (1990). *Peiresc ou la passion de connaître*. Paris : J. Vrin.

Rubin, V., Ford, W. K. Jr., Thonnard, N, & Burstein, D. (1982). Rotational Properties of 23 Sb Galaxies. *The Astrophysical Journal*, 261, 439-456.

Sanders, R. H. (1994). A Faber-Jackson Relation for Clusters of Galaxies : Implications for Modified Dynamics. *Astronomy and Astrophysics*, 284, L31-L34.

Tully, B., & Fisher, J. R. (1977). A New Method of Determining Distance to Galaxies. *Astronomy and Astrophysics*, 54, 661-673.

van der Kruit, P. (2021). *Master of Galactic Astronomy : A Biography of Jan Hendrik Oort*. Cham : Springer Nature Switzerland A.

Zwicky, F. (1937). On the Masses of Nebulae and of Clusters of Nebulae. *The Astrophysical Journal*, 86, 217-246.

Revue des Questions Scientifiques, 2021, 192 (3-4) : 301-346

Une question scientifique d'actualité envisagée selon une perspective strictement philosophique

La question de la durée du monde selon Thomas d'Aquin

Grégoire Celier
Docteur en philosophie de Sorbonne Université (Paris)

Résumé. – Alors que la science actuelle s'interroge de façon renouvelée sur la durée passée du monde, en lien notamment avec les théories cosmologiques regroupées sur le nom de « Big Bang », il n'est pas sans intérêt de prendre connaissance de la puissante réflexion menée à ce propos par un philosophe (et théologien) du XIII[e] siècle latin : saint Thomas d'Aquin. Celui-ci a étudié philosophiquement, et en profondeur, cette question en reprenant de façon critique l'ensemble des arguments présentés par les penseurs de l'Antiquité, les philosophes dits « arabo-musulmans », les philosophes juifs, les auteurs chrétiens, ainsi que ses contemporains. Il propose une solution particulièrement originale, en opposition, d'ailleurs, à celle des autres scolastiques de son temps. L'analyse de cette solution pourrait faire réfléchir les scientifiques eux-mêmes, les aider à considérer leur propre démarche à la lumière d'une autre, différente, portant toutefois sur le même objet d'étude, et ainsi « fertiliser » leurs esprits en leur permettant d'enrichir leur propre travail.

Abstract. – While modern-day science continually searches for an answer to the question of how long our world has been in existence, particularly in relation to those cosmological theories that fall under that of the "Big Bang", it may well be worth considering the compelling ideas developed on this subject by a Latin, eighteenth-century philosopher (and theologian): Saint Thomas Aquinas. He thoroughly examined this question from a philosophical point of view by critically reviewing all of the arguments presented by Antiquity's thinkers, from the so-called Arab-Muslim philosophers to Jewish and Christian protagonists, as well as his own contemporaries. He came up with a particularly original solution, and one which contradicted those of other scholastics of his era. An analysis of this solution may well give scientists cause for pause, encouraging them to reflect upon their approach in light of another, different one that none-

theless shares the same object of study, and thus to "fertilise" their minds by enabling them to enrich their own work.

Mots clés. – Création comme relation — Création divine — Création *ex nihilo* — Durée passée du monde — Possibilité d'un monde créé sans commencement — Traverser un temps infini

Plan de l'article

1. Introduction

La question de la durée passée du monde est une énigme qui a toujours passionné les hommes. Quelle a été la durée du monde jusqu'à aujourd'hui ? A-t-il commencé un jour, depuis une durée quelconque (même énorme), ou bien au contraire dure-t-il depuis toujours, depuis « l'éternité », sans aucun commencement[1] ?

2. Comment la science, la théologie et la philosophie s'intéressent à la durée du monde

2.1. La durée du monde devant la science actuelle

La question de la durée du monde agite depuis un certain temps, et de façon relativement nouvelle, le monde scientifique contemporain, en particulier à travers les théories cosmologiques habituellement regroupées dans l'expression bien connue de « Big Bang ».

Dans cette revue, il est particulièrement inutile de tenter de synthétiser ces théories cosmologiques complexes ou de rappeler l'histoire de leur apparition. Pour notre propos, il nous suffira en effet de faire deux remarques préliminaires.

La première consiste à pointer le fait que, d'une façon particulière aujourd'hui (et sans doute plus qu'autrefois), le monde scientifique s'intéresse à la durée du monde et qu'il s'interroge à son propos précisément en raison des progrès de la science elle-même. En effet, ces théories postulent, en résumé, qu'à un certain moment situé à une distance temporelle en principe calculable (environ quatorze milliards d'années, selon le décompte actuellement reçu), le monde dans lequel nous existons et que nous explorons par la science a connu un certain « commencement ». Cet instant « primordial » signifierait donc que ce monde n'existerait pas depuis toujours, mais possèderait un début.

C'est précisément cette actualité de la question de la durée du monde qui justifie le fait de proposer, de cette question, une autre approche qui, se croisant avec celle de la science actuelle, est susceptible de « fertiliser » les esprits et de les enrichir.

1. « Commencement » est une notion relativement première, qui se définit malaisément, mais qui, en revanche, se perçoit assez spontanément. Le *Vocabulaire technique et critique de la philosophie* (Lalande, 1991) ne propose aucune définition de « Commencement », de « Début » ou de leurs synonymes, même si l'article « Origine » semble proposer une sorte d'exposition : « Première apparition, première manifestation de ce dont il s'agit ».

La seconde remarque vise à la prudence. Si de très nombreuses découvertes sont venues appuyer ces théories rassemblées sous le nom de « Big Bang », il n'en demeure pas moins que, comme toute théorie scientifique, elles sont appelées à évoluer au fur et à mesure des découvertes et se heurtent à des difficultés et à des non-explications. Aussi, ces théories sont confrontées à certains opposants qui considèrent donc que l'univers serait plutôt éternel.

Il serait donc exagéré de croire que les théories du « Big Bang » entraînent par elles-mêmes une certitude irréformable sur la durée totale de l'univers pris en soi. Rien n'empêcherait en effet[2] que l'univers dans lequel nous vivons et qui s'est développé à partir du « Big Bang » ne soit que la simple partie d'un univers « total », lequel serait d'une durée beaucoup plus longue, voire d'une durée infinie, s'étant développé par phases successives, par exemple de dilatations et de rétractations.

L'affirmation actuelle de la cosmologie dominante, à savoir celle d'un univers d'une durée calculable et limitée, ne peut donc être considérée à tout jamais comme le dernier mot de la science sur la question[3].

C'est pourquoi la contribution d'autres approches (théologiques, philosophiques, etc.) peut se révéler fécondante et éclairante pour la science elle-même.

2.2. La durée du monde devant la théologie catholique

Depuis toujours, les religions se sont intéressées à cette question de la durée passée du monde, par le biais de l'origine de l'univers. Les cosmogonies égyptienne, mésopotamienne, gréco-romaine, hindoue notamment proposent des réponses sur ce point. Ainsi, la vision hindoue postule un temps cyclique, une suite indéfinie de créations et de destructions.

La théologie catholique, pour sa part, propose sa propre réflexion sur la durée du monde, à partir de la question de son origine.

Le premier verset de la Bible est bien connu : « Au commencement, Dieu créa le ciel et la terre » (Gn 1, 1). Tel qu'il est reçu dans la théologie catholique,

2. Ou, plus exactement, on ne peut pas prouver absolument et définitivement, même si les mesures actuelles semblent s'y opposer.
3. Nous fréquentons des thomistes fervents, bons connaisseurs par ailleurs des débats scientifiques, qui estiment que les théories du « Big Bang » manifestent de façon certaine que l'univers a eu un commencement et qui, pour cette raison, estiment que la thèse de saint Thomas d'Aquin à propos de la durée du monde ne peut plus être soutenue désormais. Nous confessons ne pas partager cette opinion.

ce texte affirme à la fois que Dieu existe ; qu'il est le créateur de tout ce qui existe en dehors de lui ; et que cette création s'est faite « au commencement » et non pas de toute éternité. Autrement dit, le monde possède une durée limitée, avec un point de départ défini.

Nous ne nous référons pas ici, à proprement parler, à une exégèse « scientifique ». Il est clair que, sur ce plan-là, l'expression que nous traduisons en latin par « *In principio* », en français par « Au commencement », est particulièrement difficile à rendre en raison de sa complexité sémantique et de ses divers niveaux possibles de signification. Par ailleurs, il est facile de constater que les Pères de l'Église, en particulier, ont compris la description de la création proposée dans le livre de la Genèse de façons diverses : Thomas d'Aquin, d'ailleurs, quand il traite du processus de la création, prend toujours soin de citer les diverses interprétations reçues, notamment celles de saint Jean Chrysostome et de saint Augustin.

À défaut de pouvoir analyser l'influence, sur la question de la durée du monde, de chacune de ces lectures et, notamment, de celle qui, privilégiant le texte grec (ἀρχή) et non latin (*In principio*), permet de ne pas se focaliser sur la notion d'un commencement temporel[4], ce qui nous intéresse ici est très exactement l'utilisation dogmatique et théologique que fait l'Église de cette première phrase de la Bible, qu'elle relie d'ailleurs, « selon l'analogie de la foi », avec plusieurs autres textes, notamment ceux contenus dans les livres de Sagesse. Or, dans la proclamation de la foi telle que la comprend et l'enseigne l'Église catholique, la notion d'un monde créé *avec un commencement* est absolument claire et, d'ailleurs, tellement manifeste qu'elle n'est souvent même pas développée dans les exposés autorisés de la doctrine chrétienne, tant elle est considérée comme évidente dans la Révélation[5].

Ce point de la foi catholique est clairement exprimé et rappelé (même si c'est de façon très brève) par le quatrième concile du Latran (1215) dans sa définition contre les albigeois et les cathares, texte repris par la constitution *Dei Filius* du premier concile du Vatican (1870) : « Ce seul Dieu véritable, par un dessein absolument libre, a fait de rien, ensemble, *au commencement du temps*,

4. Pour cette autre interprétation, les ouvrages de Jean-Michel Maldamé (par ex. 2014a et 2014b) sont particulièrement pertinents.

5. Cf. par exemple *Catéchisme du concile de Trente*, 1re partie, article « *Credo in Deum Patrem omnipotentem, creatorem caeli et terrae* » (*Catéchisme*…, 1911, pp. 30-33, ou *Catéchisme*…, 1882, vol. 1, pp. 38-50) ; *Catéchisme de l'Église catholique*, 1re partie, 2e section, article « Je crois en Dieu le Père tout-puissant, Créateur du ciel et de la terre » (*Catéchisme*…, 1992, pp. 68-73).

la double créature spirituelle et corporelle, c'est-à-dire les anges et le monde ». Et le pape Pie XII, dans son encyclique *Humani generis* du 12 août 1950, signale comme « doctrine qui s'oppose aux déclarations du concile du Vatican » l'assertion suivante : « On nie que le monde ait un commencement ». Ayant cité ces textes classiques, le père Jose Ignacio Saranyana peut donc écrire avec justesse : « En conséquence, nous pouvons affirmer que la thèse "Le monde a été créé dans le temps" fait partie de la foi » [6].

Ici encore, notre dessein n'est pas d'exposer de façon méthodique ce qu'enseigne la théologie catholique à propos de l'origine du monde et de sa durée, mais simplement de signaler que cette théologie propose à ce sujet un discours riche d'intérêt, susceptible de faire réfléchir les scientifiques eux-mêmes.

2.3. La durée du monde devant la philosophie

Si, depuis quelques décennies, la science s'intéresse de façon nouvelle à cette question de la durée du monde en raison de l'émergence des théories du « Big bang » ; si la théologie catholique possède depuis toujours une position claire et déterminée à ce propos ; la philosophie est fort loin d'être en reste.

Au cours de l'histoire, en effet, une discussion philosophique d'une grande ampleur et d'une vive intensité a éclaté à plusieurs reprises à propos de la durée du monde : par exemple au VIe siècle (débat entre le chrétien Jean Philopon et le païen Simplicius), aux XIe et XIIe siècles (polémique entre Algazel et Averroès, tous deux liés à la pensée musulmane), au XIIIe siècle (qui connut sans doute la controverse la plus animée et la plus riche, dans l'Europe chrétienne latine).

Plus tard encore, des auteurs comme Bodin, Bayle, Kant, Hegel, Nietzsche, Bergson, Heidegger, pour ne citer qu'eux, se sont également, chacun dans leur genre, intéressés à cette question. Il existe ainsi une ample moisson de textes philosophiques à ce propos.

De ce fait, pour l'histoire de la philosophie, et notamment pour les spécialistes de la philosophie antique et médiévale, la question de la « durée du monde » constitue un sujet classique d'étude : on trouve de nombreux travaux d'histoire de la philosophie consacrés à tel ou tel aspect de ce débat.

6. « *En consecuencia, podemos afirmar que la tesis "mundus creatus est in tempore" es de fide (divina et catholica definita)* » (Saranyana, 1973, p. 135. Nous traduisons). Soulignons toutefois que l'expression « création dans le temps », qu'on rencontre fréquemment, comme dans ce texte du père Saranyana, n'est pas tout à fait exacte : il faudrait plutôt dire : « création avec un commencement temporel ».

2.4. Trois démarches différentes

Chacune de ces trois démarches intellectuelles — celles de la science actuelle, de la théologie et de la philosophie — se déploie de façon indépendante, selon des méthodes distinctes, en utilisant des procédures spécifiques et en s'appuyant sur des principes propres à chaque sphère.

Il est toutefois intéressant et profitable, pour les praticiens de chacune de ces trois disciplines, de s'intéresser à ce que les deux autres disciplines peuvent proposer à propos d'une question qu'on étudie soi-même dans le cadre de sa propre discipline. Ainsi, il n'est pas inutile pour le philosophe de se pencher sur ce que disent la science et la théologie concernant ce domaine d'étude ; pour le théologien, de se préoccuper des affirmations de la philosophie et de la science à ce propos ; enfin, pour le scientifique, de se soucier de ce qu'affirment la théologie et la philosophie sur la durée du monde.

Il ne s'agit pas, pour le scientifique, par exemple, de devenir un philosophe ou un théologien (même si le croisement de deux approches du monde est toujours susceptible de produire un enrichissement intéressant, comme nous le manifeste l'histoire même de la science), mais de pouvoir considérer sa propre démarche à la lumière d'une démarche différente portant sur le même objet d'étude.

Ce qui rapproche ces trois disciplines, c'est qu'elles s'appuient toutes (ou prétendent s'appuyer) sur la raison, la faculté intellectuelle de raisonner : à la différence, par exemple, de l'art ou de l'amour. Ce qui les différencie, c'est que la théologie reçoit ses principes premiers d'une Révélation surnaturelle (disons, pour simplifier, de la Bible, si l'on parle de la théologie chrétienne) ; que la philosophie reçoit ses principes premiers de l'observation directe, purement humaine, du réel ; que la science prend, en revanche, ses principes d'une observation techniquement élaborée, à l'aide d'instruments et de procédures.

3. Une réflexion originale sur la durée du monde

3.1. Une réflexion philosophique

Comme nous l'avons déjà signalé, nous n'avons l'intention ici de développer ni la réflexion de la science actuelle ni celle de la théologie catholique. Notre propos se veut proprement philosophique : il s'agit de présenter quelques ré-

flexions sur la durée passée du monde, spécifiquement à travers la philosophie latine du XIIIe siècle, connue aussi sous le nom de « philosophie scolastique ».

Au XIIIe siècle en Europe latine, en effet, pour diverses raisons dont l'entrée massive de l'œuvre d'Aristote n'est pas la moindre, a éclaté une controverse vive, longue et complexe, sur la durée du monde. On peut dire sans exagérer que tous les penseurs latins de ce siècle se sont posé plus ou moins explicitement la question : « Aurait-il été possible que le monde existât sans commencement ? ».

Pour prendre la mesure de cette querelle intellectuelle au XIIIe siècle, il suffit de rappeler les noms de quelques-uns de ceux qui y ont participé : Albert le Grand, Alexandre de Halès, Boèce de Dacie, Bonaventure, Gilles de Rome, Henri de Gand, John Peckham, Pierre de Tarentaise, Robert Grosseteste, Siger de Brabant et, bien sûr, Thomas d'Aquin. Soit les penseurs les plus importants du siècle. Sans compter les dizaines de professeurs moins connus qui ont, eux aussi, à l'époque, traité ce sujet à la fois classique et controversé[7].

3.2. À travers l'œuvre de saint Thomas d'Aquin

La matière de cette controverse est extrêmement abondante, et il serait impossible de l'exposer ici dans toute son exhaustivité[8]. Si l'on voulait simplement présenter la synthèse de la doctrine des participants de la « querelle de l'éternité du monde au XIIIe siècle », le travail se changerait très vite en un monstre, en une somme immense dont la masse finirait par écraser aussi bien l'auteur que les éventuels lecteurs.

Face à cette difficulté matérielle et technique, il a été décidé de présenter seulement la réflexion de l'auteur le plus connu du XIIIe siècle, à savoir saint Thomas d'Aquin (1225-1274).

Ce choix a été fait pour plusieurs raisons convergentes.

D'abord, parce que les textes de ce philosophe et théologien sont nombreux (onze textes, douze même si l'on compte les deux passages différents de la *Summa theologiae*), plus nombreux que ceux de la plupart de ses contemporains.

7. Pour avoir une première idée de cette controverse, cf. par ex. Michon, 2004 ; Dales, 1990 ; Gierens, 1965.
8. Le livre de Richard Dales et Omar Argerami, *Medieval Latin texts on the eternity of the world* (1994), qui, pourtant, ne publie pas les écrits des grands ténors tels Albert le Grand, Bonaventure ou Henri de Gand, comporte déjà 232 pages.

Ensuite, parce qu'ils sont assez amples, Thomas inaugurant la coutume de consacrer de longs développements à cette question ; tandis que ceux de ses prédécesseurs étaient en général plus brefs.

Enfin, parce que ces textes courent sur une longue période de sa vie, en fait à peu près l'intégralité de sa carrière d'enseignant, permettant donc de repérer les évolutions de sa pensée : or, peu d'auteurs du temps sont revenus avec tant de persévérance sur ce sujet.

De plus, Thomas d'Aquin balaie en pratique l'essentiel des arguments « pour ou contre » utilisés dans cette controverse : à travers lui, on peut accéder à ce qui a constitué la base de la réflexion des divers auteurs du XIIIe siècle.

Également, Thomas développe cette réflexion sur la durée du monde, non pas en utilisant ses seules ressources personnelles, mais en se situant dans une tradition, en recueillant un héritage, en dialoguant avec des penseurs qui l'ont précédé ou qui lui sont contemporains. Il recourt aux penseurs de l'Antiquité (Anaxagore, Empédocle, Démocrite, Platon et surtout Aristote), aux philosophes dits « arabo-musulmans »[9] (Algazel, mais surtout Avicenne et Averroès), aux philosophes juifs (Maïmonide), aux auteurs chrétiens (saint Anselme, saint Augustin, Denys l'Aréopagite, saint Jean Damascène, Pierre Lombard), enfin à ses contemporains, même s'il ne désigne pas ceux-ci explicitement (Alexandre de Halès, saint Albert le Grand, saint Bonaventure, John Peckham).

3.3. Les sources

En nous cantonnant bien sûr aux œuvres qui nous restent et qui sont considérées comme authentiques par les spécialistes, Thomas s'est attardé sur la question de la durée du monde dans onze de ses œuvres[10]. C'est à celles-ci que nous ferons référence[11].

9. Même si cette dénomination est en partie sujette à caution.
10. Thomas a, en effet, abordé ce problème dans le *Scriptum super libros Sententiarum* (II, D. 1, q. 1, a. 5), dans la *Summa contra Gentiles* (II, c. 31 à 38), dans le *Compendium theologiæ* (I, chapitres 98 et 99), dans les *Quaestiones disputatae De Potentia* (q. 3, a. 14 et 17), dans la *Summa theologiae* (I, q. 46, a. 1 et 2, ainsi que q. 61, a. 2), dans la *Sententia super Physicam* (livre VIII, lectio 2), dans les *Quaestiones de quolibet* (III, question 14, article 2, et XII, question 5, article 1), dans l'opuscule *De Æternitate mundi*, dans le *Super Librum De Causis* (lectio 11) et dans la *Sententia super librum De Caelo et mundo* (I, lectio 6).
11. Nous avons publié l'ensemble de ces textes dans Thomas d'Aquin, 2020. C'est dans ce volume qu'on trouvera la source première où ont été puisées toutes les réflexions contenues dans le présent article.

3.4. Un point précis de la pensée de saint Thomas d'Aquin

Même en se limitant à la pensée de Thomas sur la durée du monde, la matière demeure immense. Il serait judicieux d'étudier précisément comment sa position s'insère dans le débat de l'époque, comment il est interpellé intellectuellement par les solutions des divers auteurs, et comment il leur répond. À la limite, en se restreignant aux seuls textes de Thomas, sans se référer en rien ni à son époque, ni à la querelle générale de l'éternité du monde, ni aux protagonistes du dialogue intellectuel qu'il poursuit, il serait utile d'analyser de façon critique ses réponses et ses raisonnements, pour en déterminer la pertinence philosophique.

Mais si l'on avait accepté d'emprunter ces passionnants sentiers de recherche, le travail aurait été encore trop ample.

On aurait pu penser qu'à partir du corpus textuel thomasien signalé plus haut, on pouvait s'attacher seulement à proposer une exposition complète et méthodique des concepts et raisonnements thomasiens qui concernent précisément la durée du monde. Mais même avec cette restriction, il s'est avéré qu'une telle présentation, si succincte soit-elle, à partir d'un ensemble textuel aussi abondant et richement argumenté, fournirait la matière de plusieurs volumes. Si l'on voulait rester dans des limites raisonnables, il fallait encore faire des choix dans l'ensemble doctrinal thomasien portant sur la durée du monde.

Après examen, il est rapidement devenu évident que, dans ce vaste débat qui a agité le XIIIe siècle à propos de la durée du monde, les solutions proposées par Thomas sur la question spécifique de la possibilité d'un monde créé sans commencement se distinguaient assez nettement de celles de ses contemporains. Ne pouvant garder qu'une partie du discours thomasien, il a été décidé de s'arrêter seulement sur le point suivant : « Que pense Thomas d'Aquin de la possibilité d'un monde créé sans commencement ? ».

Le choix méthodologique majeur de ce travail a donc été donc la confrontation directe avec la pensée thomasienne sur un point clairement déterminé. Cela ne signifie nullement, soulignons-le, que la connaissance du contexte de l'œuvre thomasienne ait été ici négligée. L'étude de l'histoire de la philosophie, la prise en compte de la littérature secondaire disponible, les rapports avec les autres pensées philosophiques sont bien réels dans la démarche, même s'ils sont restés, pour les raisons précédemment exposées, habituellement implicites dans l'écriture de ce texte.

3.5. Avertissement préalable

Si nous avons exposé ailleurs l'ensemble de nos recherches concernant la pensée de Thomas d'Aquin à propos de la durée du monde[12], ne sera proposé ici que le *résultat* de ces recherches, à savoir la synthèse des arguments validés par Thomas d'Aquin sur ce sujet.

Il est toutefois nécessaire, au préalable, d'avertir le lecteur sur ce qu'il va découvrir. En soi, le langage de Thomas est relativement simple et fluide, notamment quand on le compare à celui d'autres penseurs de son époque. Ceci étant, il s'agit tout de même de textes de philosophie et de théologie d'une haute abstraction, présentés sous une forme très spécifique dont nous n'avons plus l'habitude (méthode scolastique), et traduits du latin au français. Ce qui signifie qu'il n'est pas toujours facile d'entrer dans le mouvement de la pensée et d'en percevoir clairement les enjeux, le raisonnement et la progression.

Par ailleurs, la position intellectuelle de Thomas en cette querelle est particulièrement subtile et complexe, ce qui, bien sûr, en fait le charme et l'intérêt, mais n'en facilite pas forcément la compréhension.

Nous avons eu l'ambition, en rédigeant ce texte, de présenter la pensée de Thomas d'Aquin en la rendant la plus accessible à « l'honnête homme » (non forcément formé aux disciplines philosophiques) qui accepterait d'en suivre l'exposé, sans quitter pourtant les canons de la recherche universitaire. Les affirmations de ce travail sont donc rédigées autant que possible de façon claire, limpide et agréable, tout en possédant un soubassement critique incontestable.

Néanmoins, le lecteur doit avoir conscience qu'il devra fournir un effort d'attention et de réflexion pour suivre cet exposé dont nous avons dit qu'il est d'un niveau élevé, rédigé en un style dont nous avons perdu l'habitude, tout en portant sur des questions spécialement ardues.

3.6. Une petite difficulté de vocabulaire

Cette réflexion sur les rapports entre l'éternité (apanage de Dieu) et le temps (durée de la créature) chez saint Thomas, à travers la notion d'une création sans commencement, recèle également une petite difficulté de vocabulaire, dont il faut avoir encore conscience avant d'aborder le sujet.

---

12. Nous avons soutenu, en 2014, à Sorbonne Université (Paris) une thèse de philosophie sur ce sujet. La substance de ce travail a été publiée dans Celier, 2020.

On attribue tour à tour à Cajetan et à Jean de Saint-Thomas, deux grands commentateurs de l'Aquinate, le dicton suivant : « *Formalissime semper loquitur divus Thomas* », « Thomas parle toujours de la façon la plus formelle, la plus précise ». Or Thomas possédait les outils linguistiques pour distinguer nettement entre l'éternité de Dieu et la durée d'un monde créé sans commencement. À ce titre, il est surprenant de constater que, dans cette hypothèse d'un monde créé sans commencement, Thomas ne semble pas avoir fait d'efforts particuliers pour préciser son vocabulaire : le champ lexical de ses textes n'est ainsi pas entièrement satisfaisant pour un esprit avide de logique et de clarté.

Thomas utilise, en effet, plusieurs expressions parallèles pour exprimer la durée d'une créature sans commencement : « *ab aeterno* » (de toute éternité) ; « *coaeternus* » (coéternel) ; « *aeternus* » (éternel) ; « *aeternitas mundi* » (éternité du monde) ; « *semper fuisse* » (toujours exister) ; « *sempiternus* » (sempiternel) ; « *perpetuus* » (perpétuel) ; « *numquam non fuisse* » (ne jamais ne pas exister) ; « *non habere durationis principium* » (ne pas avoir de début dans la durée), les deux locutions les plus utilisées étant « *ab aeterno* » et « *semper fuisse* ».

L'utilisation du vocable « éternel » sous ses diverses formes semble assez problématique, puisque Thomas démontre à de nombreuses reprises que le monde ne peut pas, au sens strict, être dit « coéternel » à Dieu. Certes, ce mot « *coaeternus* », « coéternel », n'est utilisé par lui positivement à propos du monde que dans les objections (provenant d'interlocuteurs réels) du *De Potentia*, ou alors pour caractériser la position des philosophes antiques dans le *De Caelo*. Certes, le mot « *aeternus* », « éternel », appliqué au monde créé est plutôt pour lui un terme du « camp adverse », comme le manifeste par exemple le titre du texte des Sentences : « *Utrum mundus sit aeternus* », « Est-ce que le monde est éternel ? ». Certes, les expressions « *aeternitas mundi* », « éternité du monde », ou « *aeternitas creaturarum* », « éternité des créatures », ou encore « *aeternitas temporis* », « éternité du temps », font nettement partie du vocabulaire des « *ponentes aeternitatem mundi* », de « ceux qui posent l'éternité du monde ». Mais la locution « *ab aeterno* », « de toute éternité », en revanche, par laquelle Thomas exprime très souvent sa propre pensée, est utilisée plus d'une centaine de fois dans son œuvre.

L'expression « *semper fuisse* », que nous traduisons par « exister depuis toujours », nous paraîtrait nettement plus satisfaisante, puisqu'elle se contente de décrire un état de fait. L'expression « *sempiternus* », que nous traduisons par « sempiternel », semblerait particulièrement pertinente, comme conjuguant « *semper* » et « *aeternus* », et pouvant ainsi être réservée à une durée

du monde permanente et cependant différente de l'*aeternitas* de Dieu. Effectivement, Thomas l'emploie volontiers dans la *Summa contra Gentiles* (tout en y faisant un usage plus fréquent de « *ab aeterno* » et « *semper fuisse* »). Mais il l'utilise de façon beaucoup plus sporadique dans ses œuvres subséquentes. De plus, dans le *De Causis*, par exemple, il n'hésite pas à appliquer ce mot à l'intelligence éternelle de Dieu. On retrouve un phénomène semblable avec l'expression « *perpetuus* », « perpétuel » : utilisée plus fréquemment dans la *Summa contra Gentiles*, elle voit son usage régresser (sans toutefois disparaître) dans les textes postérieurs.

C'est finalement dans le *De Æternitate mundi* que Thomas va faire le plus gros effort de vocabulaire. Certes, il y utilise les expressions « *aeternitas mundi* » et « *coaeternus* », mais seulement dans le cadre de citations qu'il commente. Il n'utilise qu'une seule fois l'expression, pourtant fréquente dans ses autres textes, « *ab aeterno* ». En revanche, dans un texte relativement court, il use près de vingt fois de la formule « *semper fuisse* ». Et, ce qui est intéressant, il en donne la contre-épreuve, en quelque sorte, en utilisant deux fois la locution « *numquam non fuisse* », « n'avoir jamais été non existant ». Ce qui existe depuis toujours, c'est ce qui n'a jamais été non existant. Il ajoute à ce propos une harmonique, en liant cette existence permanente à la durée, grâce à l'expression « *non habere durationis principium* », « ne pas avoir de principe de durée ». Ce qui existe depuis toujours, ce qui n'a jamais été non existant, c'est ce qui n'a pas de principe, de début, de commencement de sa durée.

Quand on lit Thomas à propos de l'hypothèse d'une création sans commencement, il faut donc savoir que ce ne sera pas à proprement parler le lexique, pris en lui-même, qui permettra d'évaluer le mouvement de sa réflexion, mais l'ensemble de son exposé, où le lexique (relativement mouvant) est au service d'une pensée très construite et articulée.

4. État de la question

4.1. Cadre intellectuel : le fait et le possible

Si l'on entreprend, comme Thomas le fait, de s'interroger philosophiquement sur la question de la durée passée du monde, on ne tarde pas à comprendre que celle-ci peut recevoir deux réponses, et deux réponses seulement : soit le monde possède une durée illimitée, autrement dit existe depuis toujours,

de toute éternité, ce qui signifie que l'être qui appartient à notre univers[13] n'a jamais eu aucun commencement, n'a jamais été non-être ; soit le monde possède une durée limitée, autrement dit existe depuis un commencement quelconque, ce qui signifie que l'être qui appartient à notre univers a succédé au non-être, donc que cet être a été d'abord[14] non existant, puis est devenu existant.

La *réalisation* d'une de ces deux possibilités exclut forcément la *réalisation* de l'autre : si le monde a commencé, il ne peut pas exister en fait depuis toujours, et réciproquement. En revanche, la *réalisation* d'une de ces deux possibilités n'exclut pas en soi la *possibilité* de l'autre : de même qu'il reste possible à Socrate d'être debout tout le temps qu'il est assis, de même la *possibilité* que le monde ait eu un commencement reste envisageable même si le monde existe en fait sans commencement ; et au contraire la *possibilité* que le monde ait existé sans commencement demeure recevable même si le monde possède en fait un commencement.

Autrement dit : aurait-il été *possible*, même si le monde avait existé *en fait* sans commencement, qu'il eût existé avec un commencement ? Aurait-il été *possible*, même si le monde existe *en fait* avec un commencement, qu'il eût existé sans commencement ? Une telle hypothèse serait-elle intellectuellement concevable, sans se heurter à une contradiction radicale, à une rigoureuse impossibilité ? C'est là toute la question, non plus du *fait*, mais du *possible*[15].

Ce qui revient à dire que la durée du monde doit être considérée d'une part en *réalisation*, d'autre part en *possibilité*. En *réalisation*, deux questions sont pertinentes : « Le monde existe-t-il sans commencement ? » et « Le monde existe-t-il avec un commencement ? ». Et ces deux questions sont intrinsèquement liées : si l'on répond affirmativement à l'une, on doit répondre négativement à l'autre. En *possibilité*, deux questions sont également appropriées : « Le monde pourrait-il exister avec un commencement ? » et « Le monde pourrait-il exister sans commencement ? ». Ces deux dernières questions, en

13. Il s'agit ici de la totalité de l'être, non pas de tel être en particulier. Telle plante, tel animal, tel homme est certes apparu à tel moment. En revanche, la nature dans son ensemble (l'univers dans sa globalité) est-elle apparue à un moment, ou a-t-elle toujours existé ? Nous nous intéressons donc ici à ce que Thomas appelle « l'universalité des créatures, que l'on appelle aujourd'hui le monde » (*Summa theologiae* I, q. 46, a. 1).

14. Non par une réelle priorité temporelle, puisque selon la conception d'Aristote reprise par Thomas, le temps suppose un être mobile existant, étant « la mesure du mouvement selon l'avant et l'après » ; mais par un jeu de notre imagination, qui suppose un temps (fictif) avant le début de tout mobile et de tout temps.

15. Il s'agit ici du possible comme n'impliquant aucune contradiction et pouvant de ce fait exister, se réaliser.

revanche, sont au moins partiellement indépendantes : si le monde existait sans commencement, il serait, de façon égale, possible ou impossible qu'il eût existé avec un commencement ; si le monde existait avec un commencement, il serait, de façon égale, possible ou impossible qu'il eût existé sans commencement.

Nous sommes donc en présence de deux positions envisageables concernant le *fait*, et de deux hypothèses admissibles concernant le *possible*.

4.2. Intervention de la théologie : le fait

Avant d'aborder la réflexion philosophique de Thomas d'Aquin, il est nécessaire de dire un mot sur sa réflexion théologique : il était, statutairement, un professeur de théologie (« *Magister in sacra Pagina* »), tout en consacrant une bonne partie de son temps et de son énergie à faire de la philosophie.

Tous les penseurs de l'Europe latine au XIII[e] siècle étaient des catholiques convaincus, la plupart étant même des clercs. Or la notion d'un monde créé *avec un commencement*, comme nous l'avons souligné plus haut, est absolument centrale dans la foi de l'Église catholique. C'est pourquoi, au moins officiellement et d'après ce que nous en savons, les penseurs catholiques latins du XIII[e] siècle ont tous fermement soutenu que le monde a *réellement* eu un commencement : cette notion d'un commencement du monde, venue de la Révélation biblique, était ainsi, à leurs yeux, devenue commune, presque « évidente ».

Et pourtant, dans leur travail de réflexion philosophique et théologique, ils n'ont pas hésité à se poser la question : « Le monde aurait-il pu ne pas avoir de commencement ? ». Il est assez fascinant de constater que ces hommes ont mis tant d'énergie à traiter une question qui pouvait sembler contredire leur foi. Et nous éprouvons spontanément le désir de comprendre de quelle façon, et dans quel but, ces auteurs ont pu consacrer ainsi leur ardeur et leur temps à une telle controverse, et ce que peuvent nous apporter aujourd'hui leurs réflexions.

Évidemment, la position de Thomas d'Aquin se situe dans la droite ligne de l'affirmation de la foi catholique. Pour lui, la réalité est très claire, et il n'a jamais varié d'un iota sur ce point : « Il doit être tenu fermement que le monde n'a pas toujours existé » (*Quaestiones disputatae De potentia* q. 3, a. 17). Donc, à ses yeux, le fait lui-même de la création du monde avec un commencement temporel ne peut être objet de discussion. Cette question *de fait* se trouve résolue de façon extraphilosophique, par l'éclairage de la foi.

Ceci étant, si la foi catholique enseigne que le monde a eu un commencement (qu'il n'a donc pas toujours existé), elle ne dit rien de certain et d'absolu

quant à la durée écoulée depuis ce commencement. Le fait d'affirmer que le monde date de milliers d'années (comme on le croyait autrefois) ou de milliards d'années (comme on le pense aujourd'hui) n'a pas d'incidence directe sur la foi catholique.

4.3. Retour à la philosophie : le possible

Acceptant par la foi le *fait* que le monde ait eu un commencement, Thomas exclut *ipso facto* et de façon radicale le *fait* contradictoire que le monde n'ait pas eu de commencement, donc soit « éternel ».

Mais si ce monde a été créé *en fait* avec un commencement temporel, et non pas sans commencement, la question reste entièrement ouverte de savoir s'il aurait été *possible* qu'existe un monde sans commencement. C'est ce que souligne clairement Thomas d'Aquin, notamment dans son opuscule consacré exclusivement à cette question de la durée du monde : « Étant supposé, selon la foi catholique, que le monde a eu un début dans la durée, un doute s'élève pour savoir si le monde aurait pu exister depuis toujours » (*De Æternitate mundi*). Et, pour lui, ce doute doit être étudié par la philosophie.

En effet, Thomas affirme constamment, de façon explicite ou implicite selon les cas, que le double *possible* — à savoir celui d'un monde sans commencement (*possible* non réalisé *en fait*) et celui d'un monde avec commencement (*possible* réalisé *en fait*) — n'est, pour sa part, nullement lié à la Révélation. Pour lui, ce double *possible* fait l'objet d'un raisonnement proprement philosophique, ce qu'indiquent d'ailleurs clairement toutes ses démonstrations rationnelles.

Ce qui va donc retenir notre attention n'est pas la question du *fait* — Thomas d'Aquin la résout de façon théologique : « Selon la foi, le monde a eu un commencement » —, mais très précisément la question du *possible* qu'il analyse philosophiquement (« Aurait-il été possible que le monde n'ait pas eu de commencement ? » ; « Le fait que le monde ait commencé est-il rationnellement possible ? »).

4.4. La possibilité (passée) d'un monde sans commencement

Nous venons de voir, dans cette question de la durée du monde, Thomas estimer que le *fait* (que le monde ait commencé) est déterminé de façon définitive par l'enseignement de la foi, et que la philosophie, dans cette question, a pour objet propre les deux *possibles*, à savoir si le monde aurait pu être sans commencement, d'une part, et s'il peut avoir eu un commencement, d'autre part.

Mais comme le *fait* que le monde ait commencé est considéré comme acquis, les raisonnements de Thomas d'Aquin à propos de ce *possible* (« Le monde a-t-il pu commencer ? ») sont évidemment plus faciles à appréhender. En effet, nous appliquons spontanément à ce cas de figure le principe scolastique : « *Ab esse ad posse valet illatio* », autrement dit, il est clair qu'un événement réel est forcément possible.

Beaucoup plus intéressantes sont les analyses thomasiennes à propos de la possibilité d'un monde sans commencement qui, *de fait*, n'a pas existé et n'existera jamais. Le travail de Thomas porte alors sur un pur hypothétique, et la façon dont il arrive à entrer dans cet hypothétique et à nous montrer ce qu'il renferme se révèle particulièrement fascinant : comment Thomas expose-t-il les principes qui gouvernent cette possibilité (non réalisée *en fait*) d'un monde sans commencement ?

4.5. Objection à propos de la « science »

Avant de présenter la doctrine de Thomas à ce propos, nous avons à faire face à une ultime difficulté préjudicielle.

Au cœur même des raisonnements thomasiens, on trouve en effet des notions que nous estimons périmées d'un point de vue « scientifique », comme l'impossibilité du vide ou l'incorruptibilité des corps célestes[16]. Il est alors légitime de se demander si, chez Thomas, la question de la durée du monde ne constitue pas un mélange de philosophie et de notions empiriques dépassées « scientifiquement », ce qui ferait perdre à ses raisonnements toute valeur de vérité. En effet, si les raisonnements de Thomas sont contaminés par des notions empiriques que la « science » moderne a reconnues comme fausses, et puisque la conclusion d'un raisonnement suit toujours la prémisse la plus faible, il faudrait en déduire que les solutions proposées par Thomas ne pourraient être considérées comme recevables intellectuellement.

En reprenant ces passages litigieux, on s'aperçoit cependant que Thomas ne recourt pas, dans ses raisonnements philosophiques, à des notions comme l'impossibilité du vide ou l'incorruptibilité des corps célestes. Certes, il en fait

16. On relève quatorze mentions de notions « scientifiques » dans six des textes de Thomas concernant la durée du monde : *Scriptum super libros Sententiarum*, *Summa contra Gentiles*, *Quaestiones disputatae De potentia*, *Summa theologiae*, *Quaestiones de quolibet* III et *Sententia super librum De caelo et mundo*. Ces concepts « scientifiques » évoqués sont au nombre de quatre : la question du calcul du calendrier (une fois), celle de l'érosion de la Terre (une fois), celle du vide (deux fois), celle des corps célestes (dix fois).

mention en quelques endroits, et il est clair qu'il croit lui-même à ces notions que la « science » moderne a définitivement abandonnées. Mais, précisément, il ne les évoque que pour les *écarter* comme non pertinentes dans le débat en cours[17].

Au lieu de discuter de la vérité ou de la fausseté des objections « scientifiques » qu'on lui oppose[18], Thomas ne s'attache qu'à réfuter la conséquence *philosophique* que l'objectant prétend en tirer. Son raisonnement est, en réalité, le suivant : « *Même en supposant*… (que le vide soit impossible ou que les corps célestes soient incorruptibles), on ne peut rien en déduire de certain sur la durée du monde ». La démarche de Thomas, face à ces objections « scientifiques », se ramène donc à une proposition conditionnelle. Or, la vérité logique d'une proposition conditionnelle peut être assurée, que la condition soit réalisée en fait ou non.

On définit plaisamment la géométrie comme « l'art de raisonner juste sur des figures fausses ». Le propos sous-jacent est qu'un raisonnement peut atteindre une réelle vérité même en charriant accidentellement des éléments

17. Par exemple, à propos du fait qu'avant la Création du monde aurait existé le vide, ce qui est impossible selon la physique aristotélicienne : « Avant la création du monde il n'y avait pas de vide, pas plus qu'après ; le vide, en effet, n'est pas seulement une négation, mais bien une privation ; donc pour poser le vide il faut poser un lieu ou des dimensions séparées, comme disaient ceux qui posaient le vide, mais nous ne posons rien de cela avant le monde » (*Scriptum super libros Sententiarum* II, D. 1, q. 1, a. 5). Ou encore : « À la définition du vide ne suffit pas la définition "dans quoi il n'y a rien", mais il est requis qu'il s'agisse d'un espace capable de recevoir un corps, et dans lequel il n'y ait pas de corps, comme cela apparaît par Aristote, au quatrième livre des Physiques. Mais nous, nous disons qu'il n'a pas existé de lieu ou d'espace avant le monde » (*Summa theologiae* I, q. 46, a. 1).

18. Ainsi, à l'objection qu'un monde sans commencement ne permettrait pas d'établir le calendrier, faute d'un début, Thomas se contente de répondre que le calcul du temps n'est pas absolu, mais relatif : un événement astronomique suffisamment significatif est choisi arbitrairement comme point de départ. À l'objection du fait que la Terre subit une certaine érosion, ce qui, dans le cadre d'un temps infini, aurait fini par la faire disparaître, Thomas se contente de répondre que la Terre peut être considérée comme un système clos : ce qui disparaît d'un endroit est simplement déplacé (éventuellement sous une forme différente) en un autre endroit. À l'objection que, selon la physique aristotélicienne (à laquelle croit visiblement Thomas, comme nous croyons nous-mêmes à la physique de notre époque), les corps célestes sont inengendrables et incorruptibles, Thomas se contente de répondre que cela ne s'applique que pour autant que ces corps célestes existent effectivement, et non pas tant qu'ils n'existent pas (encore) de par la création divine. Bref, pour lui, les objections « scientifiques » n'ont pas leur place dans ce débat proprement philosophique, qui concerne uniquement le fait d'évaluer si un être quelconque aurait pu être créé sans commencement.

inexacts. L'impossibilité du vide ou l'incorruptibilité des corps célestes sont bien des conceptions « scientifiques » que partagent Thomas et ses interlocuteurs, et qui nous apparaissent aujourd'hui comme fausses. Mais Thomas n'utilise pas réellement ces conceptions « scientifiques » dans l'organisation de sa démonstration.

Les raisonnements suivis par Thomas sont, en fait, de ce type : « Objection ("scientifique") : Un monde avec commencement suppose préalablement le vide, or le vide est "scientifiquement" impossible. Réponse (philosophique) : Un monde avec commencement ne suppose pas préalablement le vide, donc la question "scientifique" du vide est ici hors sujet ».

L'intervention, dans le raisonnement thomasien, de données « scientifiques » que nous jugeons aujourd'hui erronées s'apparente en l'occurrence à celle d'un catalyseur dans une réaction chimique. De même que le catalyseur rend possible la réaction sans en être partie prenante au sens propre (car rien du catalyseur ne se retrouve dans le produit final de la réaction chimique), de même cette donnée « scientifique » admise tant par l'objectant que par Thomas rend possible et nécessaire le raisonnement philosophique à son propos, mais sans aucunement intervenir dans l'argumentation elle-même.

La question de la durée du monde chez Thomas ne constitue donc pas, d'un point de vue formel, un mélange de philosophie et d'une « science » reposant sur des bases définitivement périmées. Nous pouvons ainsi examiner sa doctrine d'un strict point de vue philosophique.

5. Thomas d'Aquin répond aux objections de ses « adversaires »

5.1. Un monde sans commencement, est-ce impossible ?

En entreprenant de réfléchir sur la possibilité d'un monde créé sans commencement, Thomas se heurte à des « adversaires », ainsi qu'il les nomme dans le *De Æternitate mundi*. Pour notre part, nous les appellerons, par commodité, les « temporalistes »[19]. Selon eux, un monde créé sans commence-

19. Dans le présent texte, nous nommons « temporalistes » très exactement ceux qui estiment possible de démontrer *par la raison seule* que la création a été faite avec un commencement temporel ; et nous nommons « éternalistes » très précisément ceux qui affirment qu'on pourrait démontrer *par la raison seule* que le monde est éternel, sans commencement.

ment constitue une assertion rigoureusement impossible sur le plan rationnel (et probablement hétérodoxe sur le plan théologique) : ceux qui soutiennent une thèse semblable énoncent des absurdités voire des âneries[20] (sans compter qu'ils compromettent la foi et ouvrent la route à la suspicion sur leur orthodoxie).

Thomas est évidemment dans l'obligation de répondre à leurs arguments avant de prétendre examiner la question en elle-même.

5.2. Est-ce impossible pour Dieu ?

Il existe d'abord des objections à propos de la capacité de Dieu lui-même à créer sans commencement. On peut les résumer en trois formules. Premièrement, Dieu est cause du monde créé, or une cause précède forcément son effet : « Il faut que la cause précède par la durée ce qui est fait par l'action de cette cause » (*Summa contra Gentiles* II, c. 38). Deuxièmement, Dieu est sage, et s'il a créé avec un commencement, c'est qu'il s'agissait forcément du meilleur choix, le seul qu'il pouvait faire : « La volonté du sage ne diffère pas de faire ce qu'il projette, sinon pour une bonne raison » (*Quaestiones disputatae De potentia* q. 3, a. 14). Troisièmement, si la créature était sans commencement, elle serait éternelle comme Dieu, donc équivalente à lui, ce qui est impossible : « Si le monde existait depuis toujours, il serait équiparé à Dieu en ce qui concerne la durée » (*Scriptum super libros Sententiarum* II, D. 1, q. 1, a. 5).

La réponse de Thomas est simple : une cause éternelle peut produire son effet éternellement, pourvu simplement que l'effet soit simultané à la cause, ce qui est le cas pour la création. Et comme aucune création ne pourrait jamais être adéquate à Dieu lui-même, Dieu va choisir librement, parmi d'autres, les éléments d'une création donnée qui mettront en valeur tel aspect de ses perfec-

20. Par exemple, saint Albert le Grand (1895, vol. 32, p. 108) : « Il y en a qui disent que quand on dit "La créature est faite à partir du rien", le rien précède la créature par la nature, non par l'ordre de durée : car le Créateur en créant n'a besoin de rien, puisqu'il est le principe universel de l'être. [...] Mais une telle thèse paraît très étonnante [...] car personne n'a jamais pu concevoir une telle chose » (*Summa theologiae*, II, tr. 1, q. 4, a. 5, p. 3, Inc. 2). Ou encore, saint Bonaventure (1885, vol. 2, p. 22) : « Il faut dire que poser que le monde est éternel ou a été produit éternellement, en posant que toutes les choses ont été produites à partir de rien, est tout à fait contre la vérité et la raison, comme le prouve le dernier argument ; et c'est à un tel point contre la raison que je ne crois pas qu'aucun philosophe, aussi peu doué soit-il, ait pu poser une telle affirmation. Car cela implique en soi une contradiction manifeste » (*Commentarius in II librum Sententiarum* II, d. 1, p. 1, a. 1, q. 2).

tions infinies. Et la créature, même d'une durée infinie, ne sera jamais l'égale de Dieu, qui possède son être « *tota simul* », « tout entier en même temps », tandis que n'importe quelle créature connaît une certaine forme de succession :

> « La capacité de la cause produisant toute la substance de la chose n'est pas moindre sur son effet que celle de la cause produisant seulement la forme. Or, la cause produisant seulement la forme peut produire celle-ci de toute éternité, si elle-même est éternelle ; car la splendeur qui est engendrée par le feu et diffusée par lui est simultanée avec lui ; et elle serait coéternelle, si le feu était éternel, comme le dit saint Augustin. Donc, à plus forte raison, Dieu pourrait-il produire un effet qui lui soit coéternel » (*Quaestiones disputatae De potentia* q. 3, a. 14).

5.3. Les trois séries d'objections du côté de la créature

Si les objections à une création sans commencement considérée du côté de Dieu sont peu nombreuses, elles abondent au contraire lorsqu'il s'agit de considérer cette question du côté de la créature elle-même.

Pour les « temporalistes », en effet, la créature ne saurait « supporter le poids » de l'éternité, et donc ne pourrait avoir existé sans commencement. Leurs objections, telles que les rapporte et les étudie Thomas, relèvent pour l'essentiel de trois démarches. La première part de la causalité : pour simplifier, on peut dire que la cause (Dieu) doit forcément précéder l'effet (la créature). La deuxième s'intéresse à la durée : en gros, une créature ne peut atteindre une durée équivalente à celle de Dieu. La troisième bute sur l'infini : en résumé, un monde sans commencement devrait avoir « traversé » l'infini, ce qui est impossible.

5.3.1. Une créature faite de rien est-elle forcément faite après le rien ?

La première objection contre la possibilité d'un monde éternel, prise du côté de la créature, peut être résumée par une brève formule latine : « *Ex nihilo, ergo post nihilum* », « *À partir* du rien, donc *après* le rien » ou, comme le dit le *Scriptum super libros Sententiarum* (II, D. 1, q. 1, a. 5) : « Tout ce qui est créé est fait à partir du rien. Mais tout ce qui est fait à partir du rien est un étant après avoir été un rien, puisqu'il n'est pas simultanément étant et non-étant ». Sur ce point, les auteurs sont formels : la proposition inverse, qui envisage une création *ex nihilo* sans commencement, est « impensable par l'intelligence » (Albert le Grand, 1895, vol. 32, p. 108 [*Summa theologiae*, II, tr. 1, q. 4, a. 5, p. 3, Inc. 2]), et « aucun philosophe, aussi faible soit son intellect, ne l'a jamais

soutenue » (Bonaventure, 1885, vol. 2, p. 22 [*Commentarius in II librum Sententiarum* II, d. 1, p. 1, a. 1, q. 2]).

Thomas répond à cette objection en deux raisonnements successifs. D'abord, en rigueur de termes, le sens de la formule *ex nihilo* est purement négatif[21] : il signifie simplement *non ex aliquo*, « pas à partir de quelque chose ». On utilise l'expression *ex nihilo* uniquement pour distinguer la causalité transcendante de Dieu, laquelle n'a besoin d'aucun sujet préexistant pour faire exister un nouvel être. La notion de création *ex nihilo* comprise en ce sens n'implique donc rien quant à la durée de la créature[22]. Il semblerait même plus logique, à tout prendre (ce fut d'ailleurs la perception spontanée des philosophes antiques), de concevoir le monde coéternel à sa Cause éternelle, selon le principe : « La cause étant posée, l'effet est posé par le fait même ».

Si, cependant, on veut que la locution *ex nihilo* suppose un ordre entre l'être et le rien (l'être venant donc *après* le rien), il convient alors de distinguer entre « ordre de nature » et « ordre de durée » : pour qu'il y ait ordre, il suffit qu'il y ait ordre de nature, sans avoir forcément besoin d'un ordre de durée qui s'y ajoute. Or c'est le cas dans la créature. Considérée en soi, elle n'est rien, elle est le rien, puisqu'elle ne possède pas l'être par elle-même, mais seulement de par Dieu. Donc, dans la créature, quelle que soit sa durée, demeurera toujours vrai le fait que cette créature est premièrement non-être (par elle-même) et secondement être (de par Dieu) : ce qui établit effectivement un ordre de nature, sans que soit nécessaire un ordre de durée, c'est-à-dire un moment où cette créature aurait été effectivement non-être.

5.3.2. Une créature peut-elle être à la fois temporelle et éternelle ?

La deuxième série d'objections contre la possibilité d'un monde éternel, prises du côté de la créature, est celle qui s'appuie sur la durée de la créature, soit le rapport entre le temps et l'éternité. La créature, étant mobile, s'inscrit nécessairement dans un « temps ». Mais comment une créature inscrite dans

21. Comme le résume joliment le père A.-D. Sertillanges (1945, p. 26) : « Voilà bien l'illusion que nous avons dénoncée ! On fait du néant un point de départ positif, au lieu d'une négation pure ».

22. *Summa contra Gentiles* II, c. 38 : « Ce qui est dit en deuxième n'est pas efficace. À la proposition "Quelque chose est fait à partir d'une autre chose", la contradictoire qu'il faut lui opposer si cette proposition n'est pas exacte, c'est "Quelque chose n'est pas fait à partir d'une autre chose" ; et non pas "Quelque chose est fait à partir du rien", sauf au sens du premier point ; et donc, à partir de là, on ne peut conclure que cela est fait après le non-être ».

le temps pourrait-elle simultanément appartenir à l'éternité, en n'ayant aucun commencement ?

La première objection est précisément celle qui oppose temps et éternité : « La créature est mesurée par le temps ou par l'*ævum*[23]. Mais l'*ævum* et le temps diffèrent de l'éternité. Donc la créature ne peut être éternelle » (*Quaestiones disputatae De potentia* q. 3, a. 14). La réponse de Thomas est simple : une créature qui n'aurait eu aucun commencement aurait pu être dite « éternelle » en un certain sens, mais il se serait agi d'une éternité essentiellement différente de celle de Dieu[24]. Car la première aurait été une succession indéfinie, tandis que l'éternité divine est, selon la célèbre définition de Boèce dans le *De Consolatione* (V, 6), « la possession parfaite et *totalement simultanée* d'une vie sans terme ».

La deuxième objection est celle de la causalité : la cause produit l'effet, donc la cause précède l'effet par la durée. Comme le dit Thomas dans la *Summa contra Gentiles* : « Que Dieu soit la cause de toutes les choses est un point démontré. Or il faut que la cause précède par la durée ce qui est fait par l'action de cette cause » (*Summa contra Gentiles* II, c. 38). La réponse de Thomas tient dans la distinction entre les causes qui agissent par un mouvement et celles qui

23. L'*ævum* est la durée particulière, spécifique, de la substance de l'ange, lequel bénéficie d'un être stable et immobile, dont il possède dès sa création la plénitude : en sorte qu'il ne lui est pas nécessaire, comme pour les créatures matérielles, d'acquérir progressivement les qualités dont il a besoin. C'est pourquoi la substance (ou être même) de l'ange, dit Thomas, est mesurée, non par l'éternité, parce qu'il reste une créature, ni par le temps astronomique, puisqu'il n'est pas un être progressif, mais par une durée particulière, spécifique, appelée *ævum* (cf. par ex. *Quaestiones de quolibet* X, q. 2 ; *Quaestiones disputatae De malo*, q. 16, a. 4). Toutefois, si l'*ævum* immuable mesure l'être ou la substance de l'ange, il ne mesure pas ses opérations spirituelles (actes d'intelligence ou de volonté) et, autant que de besoin, son action dans le lieu, pour lesquelles il existe une succession. Qui dit, en effet, opérations diverses et s'enchaînant (par exemple, un acte de volonté faisant suite à un acte d'intelligence) dit forcément un mouvement, un avant et un après, une succession, donc un temps, puisque ce dernier se définit précisément comme la mesure du mouvement selon l'avant et l'après. Thomas caractérise ce temps annexé à l'*ævum* comme « non continu » ou « formé d'instants discrets » (ou discontinus : la *discretio*, en latin, signifie la séparation, la distinction). Cette forme de durée angélique annexée à l'*ævum* est souvent appelée le « temps discret ».

24. « L'*ævum* et le temps diffèrent de l'éternité, non seulement en raison du commencement de la durée, mais aussi en raison de la succession. En soi, le temps est successif ; à l'*ævum* la succession est adjointe [temps discret] selon que les substances éternelles sont variables d'un côté, même si d'un autre côté elles ne varient pas, selon qu'elles sont mesurées par l'*ævum*. Mais l'éternité ni ne contient de succession, ni n'est adjointe à une succession » (*Quaestiones disputatae De potentia* q. 3, a. 14).

agissent sans mouvement, et pour cette raison instantanément. Les effets de ces dernières leur sont logiquement simultanés, ou du moins peuvent l'être lorsqu'il s'agit d'une cause libre. Or il a été démontré abondamment par Thomas que la création n'est pas un mouvement. Il résume donc dans le *De Æternitate mundi* : « Aucune cause produisant son effet subitement n'a de nécessité à précéder dans la durée son effet. Or Dieu est une cause produisant son effet non par un mouvement, mais subitement ».

5.3.3. Peut-on « traverser » l'infini ?

Un temps passé infini est-il réellement possible ?

Dire, enfin, que le monde aurait pu exister sans commencement, c'est avouer qu'un temps infini se serait écoulé jusqu'à aujourd'hui. Or l'infini est-il réellement possible ?

Nous arrivons ici au point de la position de Thomas sur la durée du monde qui nous paraît le plus difficile, celui qui lui a valu les oppositions les plus motivées, celui qui demeure le plus troublant pour l'esprit : la question de l'infini. Dire que le monde aurait pu exister sans commencement, c'est avouer par le fait même qu'un temps infini se serait écoulé jusqu'à aujourd'hui. Or (et c'est tout le problème), l'infini est-il réellement possible ?

L'objection contre la possibilité de l'infini va prendre des formes diverses, qui permettent de voir Thomas se débattre avec cette question complexe, sans arriver toujours à donner des réponses pleinement satisfaisantes pour nous.

La capacité d'un être créé est finie, dit la première objection à ce propos, ce qui l'empêche d'atteindre un infini quelconque, même de durée :

> « Aucune capacité finie n'est capable d'une opération infinie. Or la capacité du ciel est une capacité finie [...]. Donc il est impossible que son mouvement existe pendant un temps infini, et semblablement impossible que son être dure un temps infini » (*Scriptum super libros Sententiarum* II, D. 1, q. 1, a. 5).

La réponse de Thomas est simple : il ne faut pas considérer la créature, dont la capacité est finie par nature, mais l'agent qui la fait exister, dont la capacité est infinie. Autrement dit, un être créé peut exister indéfiniment, pourvu que Dieu infini lui en renouvelle constamment la capacité : « Une durée infinie est atteinte grâce à un agent séparé infini » (*Scriptum super libros Sententiarum* II, D. 1, q. 1, a. 5).

Dire qu'un temps infini a précédé le moment présent, affirme la deuxième objection, c'est avouer qu'une série successive quelconque, par exemple la série des générations d'un animal, n'a pas eu de premier (impossible à atteindre, puisque situé à une distance infinie). Mais, par définition, s'il n'y a pas eu de premier, il n'y a pas eu, en conséquence, d'intermédiaires, donc encore moins l'animal actuel :

> « Dans les causes efficientes, il faudrait procéder à l'infini, si la génération existait depuis toujours, ce qu'il faudrait affirmer si le monde existait depuis toujours ; car le père est cause du fils, et un autre père de lui-même, et ainsi à l'infini » (*Summa contra Gentiles* II, c. 38).

La réponse se fonde sur la distinction entre des causes accidentellement coordonnées et des causes essentiellement subordonnées. Seules les secondes doivent exister en même temps et en nombre limité, tandis que les premières, qui en réalité sont actuellement indépendantes, peuvent avoir existé de façon successive et en nombre éventuellement infini : « Il est impossible que le même effet soit précédé par des causes par soi ou essentielles en nombre infini ; mais par des causes accidentelles, cela est possible » (*Scriptum super libros Sententiarum* II, D. 1, q. 1, a. 5).

L'exemple que donne souvent Thomas à ce propos est celui de l'artisan coutelier. Pour réaliser actuellement un couteau, il faut des causes réunies simultanément et en nombre fini : par exemple, l'artisan lui-même, une forge, une lame, un marteau pour modeler celle-ci, etc. Si ces causes nécessaires actuellement se trouvaient en nombre infini, elles ne pourraient agir, puisqu'un infini en acte est impossible : donc le couteau ne pourrait être fabriqué, ce qui est contraire à la réalité. En revanche, cela fait peut-être trente ans que cet artisan réalise des couteaux, et au cours de sa carrière il a pu user de nombreux marteaux successifs pour faire ses couteaux. Peut-être a-t-il hérité cet atelier de son père, qui l'avait lui-même hérité de son père, et ainsi de suite. Bref, peut-être y a-t-il eu dans cet atelier, avant l'actuel marteau, des centaines, des milliers, peut-être même une infinité de marteaux successifs. Mais l'histoire passée de l'atelier de coutellerie n'importe pas à la capacité présente de l'artisan à fabriquer un couteau : ce qui compte, c'est l'existence actuelle d'un marteau apte à modeler la lame actuelle. L'artisan, la forge, la lame, le marteau sont des causes essentiellement subordonnées, qui concourent ensemble et actuellement à la fabrication du couteau : elles sont donc forcément en nombre limité. En revanche, les marteaux précédemment utilisés dans cet atelier n'ont qu'un lien historique de succession : il s'agit de causes accidentellement coordonnées, qui n'entrent

pas en réalité dans le processus actuel de fabrication, et peuvent donc être aussi nombreuses et variées qu'on le souhaite, jusqu'à l'infini éventuellement[25].

« Si le monde et la génération ont toujours existé, note Thomas dans une autre objection, des hommes en nombre infini nous ont précédés. Mais l'âme humaine est immortelle. Donc des âmes humaines en nombre infini existeraient en acte, ce qui est impossible. Donc on peut savoir de façon nécessaire que le monde a commencé » (*Summa theologiae* I, q. 46, a. 2). La réponse principale de Thomas est que la question d'un monde sans commencement ne dépend pas de l'existence de l'humanité, mais seulement de l'existence d'une créature quelconque, ce qui supprime par le fait même la pertinence de l'objection :

> « Il faut admettre que cet argument est particulier. Donc quelqu'un pourrait dire que le monde est éternel, ou du moins une créature, comme l'ange, même si ce n'est pas l'homme. Mais nous, nous nous posons universellement la question de savoir si une créature quelconque a existé de toute éternité » (*Summa theologiae* I, q. 46, a. 2).

Une infinité de jours écoulés

Si le monde existait sans commencement, souligne une ultime objection, une infinité de jours précéderait le jour présent ; or ce qui est passé doit avoir été traversé ; donc il faudrait avoir traversé l'infini ; mais on ne peut traverser l'infini ; donc on ne serait jamais parvenu au jour actuel, ce qui est manifestement contraire à la réalité ; et ainsi, le monde a forcément eu un commencement. Ou, pour reprendre les mots mêmes de Thomas dans le *Scriptum super libros Sententiarum* (II, D. 1, q. 1, a. 5) : « Si le monde existait de toute éternité, alors une infinité de jours précéderait le jour présent. Mais on ne peut traverser l'infini. Donc on n'aurait jamais pu atteindre le jour présent, ce qui est faux ».

Cette objection faite à Thomas d'Aquin repose sur deux fondements essentiels : d'une part, si un événement du passé est situé à une distance infinie,

25. *Scriptum super libros Sententiarum* II, D. 1, q. 1, a. 5 : « Par exemple, sont exigées pour l'existence d'un couteau certaines causes agentes, comme un artisan, un outil ; et que ces causes soient en nombre infini est impossible, car il s'ensuivrait qu'il existerait en acte simultané des choses en nombre infini ; mais de ce que le couteau aurait été fait par un artisan âgé, qui de nombreuses fois a renouvelé ses outils, il s'ensuivrait simplement une multitude successive d'outils, ce qui est accidentel ; et rien n'empêche qu'il y ait eu une infinité d'outils précédant la confection de ce couteau, si l'artisan existait de toute éternité ». *Summa theologiae* I, q. 46, a. 2 : « L'artisan utilise par accident de multiples marteaux, dans la mesure où ils cassent les uns après les autres. Il arrive donc accidentellement à tel marteau d'agir après l'action d'un autre marteau ».

il devient impossible de le relier à des événements situés à une distance finie ; d'autre part, si le monde n'a pas eu de commencement, il a fallu, pour arriver au jour actuel, « traverser » un nombre infini de jours, ce qui est également impossible.

Notons que Thomas a réfléchi, à la suite d'Aristote, et sur un plan philosophique (non sur un plan mathématique ni sur un plan qui se rapporterait à la physique actuelle), à la notion d'infini : on peut relire à ce propos, en particulier, la septième question de la *Prima pars* de la *Summa theologiæ*, question consacrée à l'infinité de Dieu, mais où Thomas réfléchit aussi sur l'infinité du côté de la matière, de la forme, du nombre, etc. Au fil de son œuvre, Thomas distingue, en particulier, l'infini en acte (qu'il estime impossible si les éléments qui le composent ont des liens essentiels entre eux, tandis qu'il a varié au cours de sa vie sur l'éventuelle possibilité d'un infini constitué d'éléments n'ayant pas de liens essentiels entre eux), de l'infini par succession (qu'il juge possible). De la même façon, il distingue ce qu'il appelle « l'infini en puissance », que nous pourrions appeler « l'indéfini », à savoir une série finie qui croît indéfiniment, de l'infini en acte, réalisé.

Ce qui est étonnant, c'est que cette objection sur l'infini, qui nous semble particulièrement pertinente, n'impressionne nullement Thomas. Si, concernant l'objection de l'infinité des âmes, il a redit plusieurs fois que celle-ci était difficile ; si, concernant sa résolution, il a utilisé plusieurs arguments en réponse et oscillé au cours de sa vie à propos de l'efficacité de certains d'entre eux ; en revanche, concernant l'objection de l'infinité des jours passés, il déclare tranquillement qu'elle « n'est pas contraignante » (*Summa contra Gentiles* II, c. 38), et il va répondre exactement dans le même sens tout au long de sa vie, sans varier jamais.

D'après Thomas, soit on détermine un point quelconque du passé, et alors il existe une durée finie entre ce point et aujourd'hui ; soit on ne détermine pas de point, mais on se réfère à un point indéfini censé se situer dans un passé infiniment éloigné, mais alors on ne peut parler d'une durée entre ce point indéfini et aujourd'hui, car une durée définie réclame toujours deux extrêmes définis. Et ainsi, il n'y a nullement à « traverser l'infini » pour parvenir au jour présent : pour y parvenir à partir d'un point défini quelconque du passé, il existe toujours une durée finie… sauf qu'on ne pourra jamais trouver un point défini dans le passé qui soit le premier.

Le premier fondement critique de l'objection peut être résumé par la formulation suivante : « Si le monde est éternel dans le passé, une série infinie

d'événements se sont succédé jusqu'à ce jour. Chacun de ces événements est-il à une distance finie d'aujourd'hui ? Si on l'accorde, on concède par le fait même que l'événement le plus éloigné de tous est encore à une distance finie d'aujourd'hui ; dans ce cas, cet événement est le premier et l'évolution du monde a commencé. Si l'on soutient, au contraire, qu'un ou plusieurs événements sont infiniment distants d'aujourd'hui, comment concevoir le passage des événements infiniment distants à ceux qui ne le sont pas ? ».

Mais, à aucun moment, Thomas n'envisage les choses sous la forme d'un tel dilemme. Pour lui, du moment qu'on veut calculer un temps quelconque, il faut désigner un jour précis et, dans ce cas, la distance entre aujourd'hui et ce jour du passé est toujours et obligatoirement finie :

> « De l'infini ainsi considéré, tout ce qui est examiné est fini : une portion de cet infini ne peut être compris qu'en tant qu'elle va de quelque chose de déterminé vers une autre chose déterminée ; et ainsi, quel que soit le moment déterminé que l'on considère, toujours de ce moment à un autre moment existe un temps fini ; et c'est ainsi qu'on parvient au moment présent » (*Scriptum super libros Sententiarum* II, D. 1, q. 1, a. 5).

Ainsi, souligne Thomas, « l'objection procède comme si, les extrémités étant posées, il existait un nombre infini d'intermédiaires » (*Summa theologiae* I, q. 46, a. 2), ce qui est faux. En revanche, « si le monde existait depuis toujours, en les prenant tous ensemble, on ne pourrait pas leur trouver de premier » (*Summa contra Gentiles* II, c. 38)[26]. Mais, dans ce cas, « il n'y aurait pas de traversée, laquelle exige toujours deux extrêmes » (*Summa contra Gentiles* II, c. 38). Autrement dit, au dilemme que nous venons de lui opposer, Thomas répondrait à peu près de la sorte : « Chacun des événements *désignables* du passé se situe à une distance finie d'aujourd'hui. Mais, comme on ne peut pas trouver de premier événement, on peut indéfiniment remonter dans le passé ».

Mais Thomas, en revanche, ne traite jamais de *l'ensemble* des événements du passé : il ne réunit jamais tous les événements du passé, ne les prenant au contraire qu'un par un. Dans ce cas, ils sont forcément désignables, et donc situés à une distance finie d'aujourd'hui. Et ceci, parce qu'il estime que toute réflexion sur une traversée quelconque du temps doit comporter forcément deux extrêmes identifiés. On pourrait objecter à cela que si Thomas soutient

26. Cf. *Scriptum super libros Sententiarum* II, D. 1, q. 1, a. 5 : « De là il s'ensuit que si un homme commence à compter à partir de tel jour, il ne pourra pas parvenir en comptant jusqu'à un premier jour ».

que chaque élément de l'infini successif est à une distance finie du présent, cela implique nécessairement l'existence d'un premier terme, c'est-à-dire le commencement du monde. En réalité, Thomas ne dit pas que chaque élément du passé est à une distance finie d'aujourd'hui : il souligne simplement le fait que, du moment que je *désigne* un jour passé, celui-ci est forcément à une distance finie d'aujourd'hui.

Le deuxième fondement critique de l'objection souligne que l'idée d'un monde éternel implique une série infinie d'événements *passés*, donc *réalisés*, *acquis*, bref une série infinie *en acte*, même si elle est successive. Mais Thomas reste sur les mêmes bases : en aucune manière, il ne s'agit de « traverser » un nombre infini de jours, précisément parce que « traverser » ne se dit qu'entre deux extrêmes déterminés, et donc finis.

> « Le passage se comprend toujours d'un terme vers un autre terme. Quel que soit le jour passé que l'on désigne, il existe toujours un nombre fini de jours de ce jour jusqu'à l'actuel, qui donc peuvent être traversés. L'objection procède comme si, les extrémités étant posées, il existait un nombre infini d'intermédiaires » (*Summa theologiae* I, q. 46, a. 2).

Une fois encore, Thomas n'utilise jamais *dans les faits* (mais sans s'en expliquer) la manière de procéder de l'objection, à savoir considérer non pas concrètement une portion quelconque du temps passé (forcément finie), mais abstraitement l'ensemble d'un temps sans commencement (forcément infini). L'objection et la réponse thomasienne ne se rejoignent en réalité pas vraiment, il s'agit entre eux d'une sorte de dialogue de sourds, qui se situe, redisons-le, sur un plan philosophique, non sur un plan mathématique ou relatif à la physique contemporaine.

Le même dialogue de sourds se retrouve à propos de l'infini. Thomas, qui n'admet pas la possibilité d'un infini en acte, admet la possibilité d'un infini par succession :

> « Un infini en acte est impossible ; mais qu'un infini le soit par succession, ce n'est pas impossible » (*Scriptum super libros Sententiarum* II, D. 1, q. 1, a. 5) ;
>
> « L'infini, même s'il n'existe pas en acte simultanément, peut cependant exister dans la succession » (*Summa contra Gentiles* II, c. 38).

Et c'est ce qu'il voit dans le temps passé supposé infini. L'objection estime, pour sa part, qu'un infini successif *réalisé*, comme c'est le cas pour les événe-

ments passés dans l'hypothèse d'un monde sans commencement, est un infini en acte, ce que Thomas lui-même estime impossible.

L'objection, dans sa généralité, est troublante. Pourtant, du point de vue de Thomas, cette difficulté n'apparaissait nullement comme la principale (il était beaucoup plus embarrassé par la question de l'infinité, certainement actuelle, des âmes humaines) puisque, les jours passés n'existant plus, il ne s'agissait pas à ses yeux d'un infini en acte.

6. Position personnelle de Thomas

6.1. Comment Thomas articule sa réflexion

Nous venons de voir comment Thomas répond aux objections des « temporalistes », qui estiment impossible et inconcevable un monde créé sans commencement, un monde « éternel ». Voyons maintenant quelle est sa position personnelle sur le sujet, et comment il articule sa réflexion.

Thomas propose plusieurs affirmations, qui constituent des degrés, des avancées, vers la question finale : « Un monde créé sans commencement aurait-il été possible ? ».

6.2. Il est impossible de démontrer que le monde a commencé

Pour commencer, à la question : « Peut-on démontrer par la seule raison que le monde a eu un commencement ? », Thomas a toujours donné une réponse négative. Toutefois, deux formes d'une telle négation sont possibles. Soit on affirme simplement qu'*en fait*, jusqu'ici, les arguments apportés ont été inefficaces (*indémonstration de fait*) ; soit on affirme qu'*en droit*, dans toutes les circonstances possibles et imaginables, il restera toujours impossible de réaliser une telle démonstration (*indémonstrabilité de droit*).

La première réponse, celle de l'*indémonstration de fait*, est à l'évidence utilisée par Thomas : il réfute tous les arguments apportés en faveur d'une démonstration purement rationnelle de la nécessité d'un commencement du monde.

Mais Thomas va plus loin. Il croit impossible *en droit* (et non seulement *en fait*) de démontrer par la seule raison le commencement du monde. Il fait donc nettement profession d'*agnosticisme*. Pour lui, les connaissances auxquelles la raison laissée à elle-même peut accéder ne permettent de conclure ni dans un

sens ni dans l'autre. Un bon exemple en est son affirmation du *Scriptum super libros Sententiarum* (II, D. 1, q. 1, a. 5) : « Je ne crois pas qu'un argument démonstratif puisse être apporté par nous à ce propos ».

Mais on peut encore aller plus loin. À trois reprises au moins[27] (et de trois façons différentes), Thomas affirme même qu'il est possible de *démontrer* par la raison qu'il est impossible en droit de démontrer par la seule raison que le monde a commencé. Parce que la raison humaine laissée à elle-même ne peut établir la durée du monde, ni à partir de la créature elle-même, qui n'est connue de cette raison qu'abstraite de sa durée, ni à partir de la volonté divine, qui ne peut être percée par cette raison, il faudrait affirmer de façon certaine que « le fait que le monde ait commencé n'est pas de l'ordre du démontrable ou du scientifique » (*Summa theologiae* I, q. 46, a. 2).

Voici comment il développe cette affirmation :

> « La nouveauté du monde ne peut recevoir de démonstration du côté du monde lui-même. Le principe de la démonstration est ce qu'est la chose. Chaque chose, selon la raison même de son espèce, est abstraite du "ici et maintenant" : c'est pourquoi on dit que les universels sont partout et toujours. Donc on ne peut démontrer que l'homme en général, ou le ciel, ou la pierre, n'existe pas depuis toujours. On ne le peut pas plus du côté de la cause agente, qui agit par la volonté. La volonté de Dieu ne peut être scrutée par la raison, sinon en ce qui concerne ce que Dieu veut absolument et nécessairement : mais tel n'est pas le cas de ce qu'il veut concernant les créatures » (*Summa theologiae* I, q. 46, a. 2).

Ainsi, l'homme ne peut pas connaître par sa seule raison si le monde a été créé avec un commencement, ou bien de toute éternité. Aux yeux de Thomas, toutes les « démonstrations » qui prétendent « prouver » par la raison seule que le monde a été créé avec un commencement, ou au contraire sans aucun commencement, sont inefficaces et illusoires, voire sottes : « Le fait que le monde ait commencé est de l'ordre du crédible, non de l'ordre du démontrable ou du scientifique » (*Summa theologiae* I, q. 46, a. 2).

6.3. Un monde sans commencement, est-ce possible ?

Thomas a constamment bataillé contre les tenants de la *démonstrabilité* purement rationnelle d'un monde créé avec un commencement. Il a réfuté

27. *Scriptum super libros Sententiarum* II, D. 1, q. 1, a. 5 ; *Quaestiones disputatae De potentia* q. 3, a. 17 ; *Summa theologiae* I, q. 46, a. 2.

systématiquement tous leurs arguments. Il a même entrepris de démontrer rationnellement qu'il est impossible de démontrer par la seule raison le commencement du monde, aussi bien que son non-commencement.

Toutefois, le simple fait de combattre, même de façon systématique, les défenseurs d'une *démonstration* ou d'une *démonstrabilité* purement rationnelle d'un commencement du monde ne suffit pas à nous faire connaître la position que lui-même adopte concernant la *possibilité* d'un monde créé sans commencement.

La possibilité d'une chose, tout d'abord, peut être déduite de son existence. Malheureusement, l'usage d'une telle voie est impossible en ce cas : un monde sans commencement n'a pas existé, n'existe pas et n'existera jamais. Alors, si on ne peut partir de l'existence réelle d'une chose pour démontrer sa possibilité d'exister, il ne reste qu'à examiner la capacité : capacité de celui qui produit cette chose à la produire ; capacité de cette chose à être produite. Il s'agit donc d'examiner, d'une part, la capacité active de Dieu, capacité de créer sans commencement et, d'autre part, la capacité passive de la créature, capacité d'être créée sans commencement : « Si l'on dit que cela est impossible, l'on dira cela soit parce que Dieu n'a pu faire quelque chose qui existe depuis toujours ; soit parce que cela n'a pu être fait, même si Dieu pouvait le faire » (*De Æternitate mundi*).

6.4. Un monde sans commencement, est-ce logiquement possible ?

Dans un premier temps, il s'agit d'essayer de déterminer si les *concepts* de Dieu et de créature admettent le *concept* que le monde aurait pu être créé sans commencement. Nous nous trouvons donc dans l'optique d'une possibilité *logique*.

Effectivement, dans trois textes au moins[28], Thomas envisage cette possibilité *au moins logique* d'un monde créé sans commencement.

Thomas affirme tout d'abord, en visant ses contemporains, que « tous consentent en cela que Dieu aurait pu faire quelque chose qui existe depuis toujours » (*De Æternitate mundi*).

Il note ensuite que « du fait que Dieu connaît et veut de toute éternité, il s'ensuit que les choses auraient pu exister de toute éternité » (*Scriptum su-*

28. *Scriptum super libros Sententiarum* II, D. 1, q. 1, a. 5 ; *Quaestiones disputatae De potentia* q. 3, a. 14 ; *De Æternitate mundi.*

per libros Sententiarum II, D. 1, q. 1, a. 5) ; « que les créatures n'aient d'abord pas existé pour ensuite être produites dans l'être n'est pas nécessaire en raison même de leur mode de production » (*Quaestiones disputatae De potentia* q. 3, a. 14) ; « que quelque chose ait été fait par Dieu et jamais n'ait été non existant, il n'y a pour l'intellect aucune répugnance » (*De Æternitate mundi*).

Thomas admet donc la possibilité *au moins logique* d'un monde créé sans commencement.

6.5. Un monde sans commencement, est-ce réellement possible ?

Peut-on maintenant passer du logique au réel, de la *notion* non contradictoire d'un être sans commencement à la possibilité *réelle* (quoique non réalisée) de son existence ?

En examinant avec soin les trois textes déjà utilisés en faveur de la possibilité au moins *logique*, ainsi qu'un autre texte fondamental du *Scriptum super libros Sententiarum* (II, D. 1, q. 1, a. 5) portant sur ce point, on se rend compte assez clairement que Thomas bien parle bien directement du réel, sans s'arrêter au seul concept : en tout cas, rien n'indique une telle restriction à la pure logique. Bien plus, dans le *De Æternitate mundi*, il affirme qu'ici le logique impliquerait nécessairement le réel :

> « Puisqu'à la toute-puissance de Dieu il appartient d'excéder toute intelligence et toute capacité, il déroge expressément à la toute-puissance de Dieu, celui qui dit que quelque chose peut être pensé des créatures qui ne puisse pas être fait par Dieu » (*De Æternitate mundi*).

C'est pourquoi Thomas peut conclure :

> « La troisième position est celle de ceux qui disent que tout ce qui existe, excepté Dieu, a commencé d'être ; mais que toutefois Dieu aurait pu produire les choses de toute éternité [...]. *Et j'adhère à cette position* » (*Scriptum super libros Sententiarum* II, D. 1, q. 1, a. 5).

6.6. Thomas n'a jamais varié sur cette question qui lui tient à cœur

Il est intéressant de noter que, lorsque d'autres abordent la question de la durée du monde par manière d'acquit, sans s'y attarder, Thomas choisit d'y revenir fréquemment, du début de sa vie de professeur jusqu'à sa fin, avec une belle insistance : et ceci, en soutenant très fermement sa conception « ouverte » d'une création indépendante de toute durée.

Les polémiques à ce propos sont-elles fréquentes et violentes, de la part des tenants (très majoritaires) de la démonstrabilité rationnelle d'un monde créé avec un commencement temporel ? Thomas n'est nullement alarmé par ce climat passionné, par ces attaques personnelles. Le fait qu'en 1270 commencent à tomber des condamnations officielles qui visent à exclure du champ de la recherche universitaire toute affirmation de la possibilité d'un monde créé sans commencement ne l'effraye pas, non plus que les soupçons jetés sur son orthodoxie. Il n'hésite d'ailleurs pas à polémiquer lui-même contre ceux qui voudraient l'empêcher, au nom d'une foi mal comprise, de défendre les droits de la raison sur ce point.

Ce n'est pas à dire que Thomas ait conservé une position absolument figée à propos de la durée du monde. En vérité, au cours de sa vie, il a évolué sur certains points. Il s'est ainsi libéré progressivement de sa dépendance vis-à-vis des auteurs précédents, en réduisant peu à peu leurs citations. Il a oscillé dans son vocabulaire, utilisant plusieurs expressions parallèles pour exprimer la durée d'une créature sans commencement, ainsi que nous l'avons souligné plus haut. Il a hésité sur la possibilité d'un infini en acte : dans la première partie de sa vie (*Scriptum super libros Sententiarum*, *Summa contra Gentiles*), il laisse entendre que ce n'est pas impossible à certaines conditions ; puis il consacre un article de la *Summa theologiae* à essayer de démontrer que c'est dans tous les cas impossible (*Summa theologiae* I, q. 7, a. 4) ; enfin, à l'issue de sa carrière (*De Æternitate mundi*), il se demande de nouveau si cela ne serait pas possible. Dans la *Sententia super Physicam* et la *Sententia super Metaphysicam*, il a changé nettement de perception en ce qui concerne la doctrine d'Aristote sur la durée du monde. D'une façon plus générale, il a pu au cours de sa vie mettre de côté certains arguments d'abord utilisés, en approfondir et préciser d'autres, en ajouter quelques-uns.

Mais, et c'est là que la chose devient passionnante, dès son premier grand texte, le *Scriptum super libros Sententiarum*, Thomas a établi ses positions de base et défini ses intuitions maîtresses concernant la durée du monde. Et, de cette première œuvre à sa dernière, en dépit des changements que nous venons de signaler, il a toujours conservé le même cap fondamental. Pour lui, quoi qu'il arrive, quoi qu'on en dise, il y aurait réellement eu *possibilité* d'un monde sans commencement, même s'il ne disjoint jamais cette affirmation d'un clair rappel de la *réalité* (enseignée par la foi) d'un monde créé avec un commencement. Il soutient mordicus que cette hypothèse est parfaitement envisageable d'un point de vue philosophique, et pleinement orthodoxe du point de vue de la foi :

> « On sait avec quelle tenace assurance saint Thomas d'Aquin a enseigné, au grand scandale des *murmurantes*, qu'un "commencement" du monde n'est pas inclus dans l'intelligibilité de la création » (Chenu, 1974, p. 391).

Cette fermeté est d'autant plus intéressante que, par rapport à son époque et à son milieu, sa position de fond est assez originale, même si elle trouve en partie son fondement chez des auteurs antérieurs, notamment Maïmonide (Rabbi Moyses).

6.7. Qu'affirme exactement Thomas, en résumé ?

Pour bien comprendre la position complète de Thomas à propos de la durée du monde, il faut garder à l'esprit qu'il se positionne en même temps par rapport à deux thèses : celle des « temporalistes », qui prétendent démontrer par la raison seule que le monde a obligatoirement eu un commencement ; celle des « éternalistes », partisans de la démonstrabilité rationnelle d'un monde nécessairement sans commencement.

Or, face à ces deux affirmations d'une possibilité de démonstration purement rationnelle concernant la durée effective du monde (sans commencement pour les « éternalistes », avec commencement pour les « temporalistes »), Thomas répond qu'en réalité une telle preuve n'existe pas et ne peut exister. La raison se révèle impuissante à statuer seule, soit que le monde serait forcément éternel (d'autant que c'est faux, puisque de fait il possède un commencement), soit que le monde possèderait forcément un commencement.

En réalité, l'homme ne peut atteindre, par la seule raison, de certitude démonstrative sur ce sujet, qui échappe donc à ses prises. Ceci, parce que la durée du monde dépend exclusivement de la volonté libre de Dieu, qu'aucune créature ne peut, par ses propres ressources, appréhender en elle-même, car Dieu seul connaît naturellement les décisions de sa liberté. Par ailleurs, cette durée n'étant pas inscrite dans la structure du monde créé, l'intelligence ne peut non plus l'y découvrir par elle seule. Ne pouvant connaître cette durée du monde ni dans sa cause ni dans son effet, la pure raison est condamnée à rester dans l'obscurité sur ce point.

Le seul moyen pour une intelligence créée de connaître la durée effective du monde serait donc une libre révélation (hypothétiquement conçue par le philosophe) que lui en ferait Dieu lui-même. Or, il est de fait, dit Thomas, qu'une révélation a eu lieu, et elle nous a appris que le monde a réellement été créé avec un commencement temporel, et non pas sans commencement. C'est donc par

la foi, réponse à la Révélation divine, et uniquement par la foi (donc pas grâce à la seule raison), que l'homme peut savoir que le monde a effectivement commencé.

Ainsi, sur la question de la connaissabilité rationnelle de la durée effective du monde, Thomas professe un net agnosticisme : une conviction de l'*impossibilité* de démontrer de façon purement rationnelle que le monde a commencé ou n'a pas commencé.

C'est cette position agnostique, avec sa complexité, que décrit Cyrille Michon dans un beau passage où il n'hésite pas à comparer la démarche intellectuelle de Thomas à celle de Kant :

> « Bien que croyant à une création *ab initio temporis*, et donc à un âge fini de l'univers créé, Thomas a constamment défendu la thèse selon laquelle la raison était incapable de démontrer l'éternité et le commencement du monde. [...] Thomas croit et professe le commencement du monde, qui n'est donc pas, comme pour Kant, *incroyable*, parce que *impossible*. Pour Thomas, le commencement du monde est *croyable* parce qu'il est *possible*, et il est objet de foi parce qu'il est *révélé*, et donc qu'il est *réel*. Mais l'éternité du monde est également possible. S'il conclut à un agnosticisme de la raison philosophique, c'est parce que les deux thèses sont également possibles, et non, comme Kant, parce qu'elles sont également impossibles. Pour Thomas, Dieu était libre de faire un monde fini ou infini, la durée ou l'âge du monde dépend de la volonté de Dieu, et aucun argument ne permet de déduire ce que Dieu veut : ne le sait que celui à qui Dieu révèle sa volonté » (Michon, 2004, pp. 24-25).

7. De la durée du monde à la doctrine de la création

7.1. Une réflexion apparemment d'un mince intérêt

À ne la considérer que superficiellement, il pourrait sembler que la question d'un monde avec ou sans commencement soit d'un mince intérêt, surtout si l'on se rappelle qu'aux yeux de Thomas, il est absolument certain que le monde a effectivement commencé. S'interroger à l'infini sur *ce qui aurait pu advenir* si le choix divin avait été différent, spécialement dans la mesure où cette hypothèse d'un monde « éternel » est désormais absolument impossible et irréalisable, paraît constituer une sérieuse perte de temps. Cependant Thomas, qui veillait à rendre productive chaque seconde de sa vie, n'a pas hésité à y consa-

crer du temps et de l'énergie au cours de sa carrière professorale, sans craindre les contestations, les attaques, voire les sanctions. Une telle opiniâtreté mérite toute notre attention.

Ce retour régulier vers l'examen d'un détail apparemment de peu d'importance est, en fait, lié à ce qui intéresse vraiment Thomas, à savoir la métaphysique de la création, qui constitue un point tout à fait essentiel de sa doctrine et de sa pensée. Pour lui, ce que l'on dit de la durée du monde manifeste la réelle vérité de ce qu'on affirme, ou prétend affirmer, concernant l'action divine créatrice.

7.2. Erreurs parallèles des « adversaires »

Au cœur de la réflexion de Thomas se trouve la question d'un Dieu tout-puissant et libre dans sa création. C'est cela qui explique son refus des deux thèses opposées, celle des « éternalistes » aussi bien que celle des « temporalistes », c'est cela qui justifie finalement son agnosticisme bien motivé.

Dieu a créé le monde « à partir de rien », *ex nihilo*. Il y a là pour Thomas une conviction certaine, qu'il estime d'ailleurs pouvoir prouver par les seules ressources de la raison. Toutefois, cette création divine se trouve-t-elle nécessairement en relation avec une durée précise ? Les « adversaires » répondent positivement, même si c'est avec des options contraires. Le monde a forcément un commencement, la création *ex nihilo* est forcément *post nihilum*, affirment les « temporalistes ». Un Dieu éternel crée nécessairement dans l'éternité, soulignent les « éternalistes ». La position de Thomas consiste précisément à contester avec vigueur ces deux prétendues démonstrations.

Pour lui, prétendre que s'il crée *ex nihilo*, Dieu doit nécessairement créer *post nihilum*, donc le contraindre à un inévitable commencement, cela revient à imposer à la toute-puissance de Dieu une restriction non justifiée. Pourtant, souligne-t-il, « tous reconnaissent » (sous-entendu « même les temporalistes ») que si le Créateur agissait dans sa création de façon nécessaire, cette dernière serait évidemment éternelle comme lui. Or un agent libre, maître de ses choix, est d'une nature évidemment supérieure à un agent qui agit selon une nécessité qui s'impose à lui : il est donc en mesure de faire au moins aussi bien que cet agent soumis à la nécessité. Alors, il est évident que Dieu, agent libre, peut faire au minimum ce que « tous reconnaissent » que pourrait faire un Dieu soumis (par hypothèse) à la nécessité, donc créer sans commencement, dans l'éternité. Dénier à Dieu la capacité de créer sans commencement, ce se-

rait ainsi ravaler de façon inconsidérée et irrespectueuse la puissance d'un Dieu souverainement libre au-dessous de la causalité naturelle et nécessaire.

À l'inverse, l'affirmation des « éternalistes » qu'un Dieu éternel ne peut créer qu'éternellement, sans commencement, limite la liberté divine. Thomas n'omet jamais de souligner que la volonté libre ne se contente pas de décider d'une action quelconque, mais qu'elle en fixe les circonstances, notamment de temps, pour décréter quand cette action, selon les cas, commencera, se réalisera ou s'achèvera dans un effet. Les « éternalistes » rabaissent ainsi l'action créatrice libre de Dieu à une causalité purement naturelle et nécessaire quand ils lui imposent d'avoir forcément un effet éternel.

7.3. Erreur plus grave des « temporalistes »

Toutefois, il faut noter que si les « éternalistes », païens et depuis longtemps disparus, ne réussissent pas à concevoir la pleine liberté de Dieu dans sa création, les « temporalistes », de leur côté, pourtant chrétiens et contemporains de Thomas, pèchent à ses yeux plus gravement en rabaissant la causalité divine en dessous de la causalité naturelle la plus ordinaire, puisqu'ils lui refusent la capacité de faire que le résultat de son action suive son mode d'être, c'est-à-dire soit éventuellement éternel. Et c'est à ce titre que, parlant des « temporalistes », il a des expressions quelquefois plus sévères à leur égard qu'en discutant les thèses « éternalistes ».

Pour Thomas, la causalité divine transcendante, dans l'acte créateur, est absolument détachée de tout rapport avec la durée. Si Dieu a créé un monde qui connaît un commencement, un monde « temporel » (dans le sens où, en même temps que l'être, Dieu a créé le temps), il aurait également pu créer un monde qui n'aurait eu aucun commencement, un monde que l'on pourrait appeler (mais seulement dans une acception analogique) « éternel ». Sa liberté était totale dans ce choix.

Thomas veut que l'acte créateur demeure ce qu'il est vraiment : une motion entièrement libre et cependant toute-puissante, qui n'enchaîne pas Dieu à ce qu'il crée, sans toutefois que la créature ne devienne aucunement autonome par rapport à lui.

7.4. La création n'est pas un mouvement

Ce qu'objecte fondamentalement Thomas aux « temporalistes », c'est d'avoir une vision trop physique et pas assez métaphysique de l'acte créateur, de

le réduire subrepticement à un mouvement. C'est là le véritable élément d'opposition entre lui et eux, bien davantage que la question tout à fait théorique d'un éventuel monde sans commencement. Au cœur de la doctrine « temporaliste », pour Thomas, il y a cette conviction erronée que le « à partir de rien » suppose nécessairement un « après le rien », que le « *ex* » réclame un « *post* », que l'action divine s'inscrit en fait dans la durée et, même si les « temporalistes » ne se l'avouent pas, que la création est une forme de mouvement.

Or Thomas le dit et le redit sur tous les tons, l'acte créateur n'a rien à voir avec un mouvement. Il suffit pour s'en persuader de parcourir quelques textes choisis entre mille :

> « La création n'est pas une réalisation qui serait à proprement parler une mutation » (*Scriptum super libros Sententiarum* II, D. 1, q. 1, a. 2) ;
>
> « Il est manifeste que cette action de Dieu qui est sans matière préexistante et qui est appelée "création" n'est, à proprement parler, ni un mouvement ni une mutation » (*Summa contra Gentiles* II, c. 17) ;
>
> « Il apparaît donc à partir de ce qui vient d'être dit que toute création se présente sans succession. Car la succession est propre au mouvement. Or la création n'est pas un mouvement, ni non plus le terme d'un mouvement, comme l'est la mutation. Donc il n'y a dans la création aucune succession » (*Summa contra Gentiles* II, c. 17)[29] ;
>
> « La création n'est pas un mouvement, sinon seulement selon notre mode de comprendre » (*Summa theologiae* I, q. 45, a. 2) ;
>
> « La production universelle de l'être par Dieu n'est ni un mouvement ni une mutation, mais elle est une simple émanation » (*Sententia super Physicam* VIII, lectio 2).

7.5. La création n'est qu'une relation

La création, en rigueur de termes, ne consiste qu'en une certaine relation entre le Créateur et la créature, et inversement :

> « La création peut être prise de façon active ou de façon passive. Si on la prend de façon active, puisque la création signifie une opération divine, qui est sa propre essence avec une certaine relation : alors

29. Les titres des deux questions de la *Summa contra Gentiles* sur ce point sont d'ailleurs éloquents : « Que la création n'est ni un mouvement, ni une mutation » (chap. 17) ; « Que dans la création il n'y a pas de succession » (chap. 19).

la création est la substance divine elle-même. Si on la prend de façon passive, alors elle est un accident dans la créature, et elle désigne une certaine réalité, non pas dans le prédicament "passion", au sens propre, mais dans le genre "relation" » (*Scriptum super libros Sententiarum* II, D. 1, q. 1, a. 2) ;

« La création peut être prise activement ou passivement. Si on la prend de façon active, alors elle désigne l'action de Dieu, qui est son essence avec une relation à la créature ; relation qui n'est pas une relation réelle, mais seulement selon la raison. Si on la prend de façon passive, puisque la création, ainsi qu'il a été dit précédemment, à proprement parler n'est pas une mutation, on ne peut pas dire qu'elle soit quelque chose dans le genre "passion", mais elle se situe dans le genre "relation" » (*Quaestiones disputatae De potentia* q. 3, a. 3) ;

« La création n'est réellement rien d'autre qu'une certaine relation à Dieu avec une nouveauté d'existence » (*Quaestiones disputatae De potentia* q. 3, a. 3) ;

« Comme l'action et la passion conviennent dans une seule substance de mouvement, et diffèrent seulement selon des rapports différents, comme il est dit au troisième livre des *Physiques*, il faut que, le mouvement étant enlevé, ne restent dans le Créateur et dans la créature que les diverses relations » (*Summa theologiae* I, q. 45, a. 2).

Thomas souligne cependant que si la relation est réelle de la créature au Créateur, elle n'est que de raison du Créateur à la créature[30] :

« Quand la créature est référée au Créateur, il faut dire que dans la créature une relation est fondée réellement, mais seulement selon la raison en Dieu » (*Scriptum super libros Sententiarum* II, D. 1, q. 1, a. 2) ;

« Dans toutes les choses qui sont constituées selon un rapport à une autre chose, et dont l'une dépend de l'autre, mais non l'in-

30. Une relation est « réelle » quand elle ne dépend pas de l'esprit humain pour exister, quand elle n'est pas produite par notre intelligence qui souhaite instaurer un rapport entre deux choses : ainsi, la filiation constitue une relation réelle d'un enfant par rapport à sa mère, car la mère a vraiment donné la vie à son enfant, l'enfant dépend vraiment de sa mère (par ex., il lui ressemble). Au contraire, une relation est seulement « de raison » quand elle est uniquement posée par notre intelligence : par exemple, je décrète qu'un objet que je connais possède une relation avec mon esprit, mais en réalité cet objet n'est nullement affecté ou modifié par le fait que je le connaisse, il reste tout à fait indépendant de moi.

> verse, dans celle qui dépend de l'autre, on trouve une relation réelle, et dans l'autre une relation selon la raison seulement : comme on le voit dans la science et le connaissable, selon que le dit le Philosophe. Selon son nom même, la créature est reliée par un rapport au Créateur. La créature dépend en effet du Créateur, et non l'inverse. Il faut donc que la relation qui relie la créature au créateur soit réelle ; mais en Dieu, il n'existe qu'une relation selon la raison. Et cela, le Maître des Sentences le dit explicitement » (*Quaestiones disputatae De potentia* q. 3, a. 3).

Ainsi, être une créature signifie exister par une relation (réelle) de dépendance totale par rapport au Créateur, qui cependant ne modifie pas le Créateur (relation simplement de raison de Dieu à la créature). Prise en ce sens, pour Thomas, « la création peut être démontrée rationnellement, et les philosophes l'ont admise » (*Scriptum super libros Sententiarum* II, D. 1, q. 1, a. 2). Mais il est facile de constater qu'une telle définition n'implique aucune durée, aucun temps spécifique et obligatoire pour la créature : du moment qu'un étant dépend radicalement et absolument de Dieu, il est une créature, peu importe sa durée.

7.6. La relation de création ne dépend pas d'une durée

Le « *ex nihilo* » est essentiel à la création, dans la mesure où il exprime le fait que la créature dépend de son Créateur au plus profond d'elle-même, dans chaque fibre de son être : ce qui en elle, par hypothèse, ne viendrait pas de Dieu serait le néant, le *nihil*, le rien. Mais puisqu'aucun rapport avec une durée quelconque n'est impliqué dans cette définition de la créature, il n'existe non plus aucune nécessité d'un « *post nihilum* », d'un lien avec un temps particulier. Un être peut dépendre absolument de Dieu depuis une seconde, ou depuis des milliers de siècles, ou depuis toujours, cela ne modifie en rien cette dépendance dans l'être.

C'est la raison profonde de la conviction de Thomas qu'il faut admettre la capacité divine de créer dans l'éternité, sans commencement, ou au minimum l'absence d'obligation de créer avec un commencement temporel. Il est vrai (et Thomas le rappelle systématiquement) qu'en fait, Dieu a librement créé avec un commencement temporel : mais il n'y était pas obligé, son acte créateur ne l'exigeait pas.

Les « temporalistes », parfois sans même percevoir les implications de ce qu'ils affirment, considèrent en fait que, au moins par certains côtés, la création appartient au domaine de la physique, alors que Thomas montre abondam-

ment qu'elle est une réalité uniquement métaphysique, une relation entre la créature et Dieu, qui établit dans l'être la créature sans modifier en quoi que ce soit le Créateur.

Un texte du père Marie-Dominique Chenu décrit parfaitement cette position-clé de Thomas :

> « Le *De æternitate mundi* (1270 ou 1271) fait face aux adversaires opposés, les théologiens dits augustiniens, très attachés, comme les Pères, à la doctrine d'une création temporelle, dans laquelle ils voyaient le critère décisif et nécessaire d'une conception chrétienne de l'univers et d'une foi en un Dieu Providence, contre les philosophes païens. Nous sommes ici à la pointe la plus avancée de l'analyse métaphysique de saint Thomas, où il décante la relation de créature à Créateur non seulement de toute imagerie, mais de toute interférence "historique" : le temps et le mouvement rendent certes sensible l'état de créature, mais la contingence s'inscrit dans la créature beaucoup plus profondément que ces fragilités temporelles. Le problème fondamental n'est pas celui des phénomènes de la nature, c'est celui de l'être » (Chenu, 1950, p. 289).

7.7. Défendre et magnifier la liberté créatrice de Dieu

On peut ainsi dire sans crainte de se tromper que la source de cet intérêt de Thomas pour la question (apparemment minime) de la possibilité d'un monde créé sans commencement provient de son option métaphysique concernant la création. Parce que l'acte créateur n'est en aucune manière un mouvement, qu'il n'établit qu'une relation dans l'être du côté de la créature, alors il ne peut être soumis nécessairement à une durée quelconque.

Et si on ne peut établir de lien impératif entre la création et une certaine durée, il sera clair que la raison, laissée à ses seules forces naturelles, ne pourra démontrer que le monde a eu un commencement, ou à l'inverse qu'il est éternel. Ce fait, d'un non-commencement ou d'un commencement, n'ayant pas de lien obligatoire avec l'acte créateur, n'est produit que selon la libre décision du Créateur, que Dieu seul connaît naturellement en se connaissant lui-même : pour qu'une créature le connaisse, il faudrait que Dieu le révèle à cette créature (directement ou indirectement, peu importe en l'occurrence).

Affirmer, comme le font les « temporalistes », qu'on peut démontrer de façon purement rationnelle que le monde a obligatoirement commencé, cela signifie soit dénier à Dieu sa pleine liberté, le rabaissant au-dessous de la causalité naturelle, capable de produire immédiatement son effet ; soit ramener (ou-

vertement ou clandestinement) l'acte créateur à une sorte de mouvement ou de mutation, ce qui revient à détruire son caractère de pure relation ontologique. C'est annihiler dans les deux cas la réalité transcendante de la création, cette émergence de l'être à partir de rien, ce que seul l'Être absolu, l'Être par soi, est en mesure de réaliser par sa toute-puissance[31] ; en restant toutefois parfaitement libre dans cet acte. C'est pourquoi, si l'idée d'un monde éventuellement éternel n'est pas fondamentale prise en soi, elle le devient quand on la met en relation avec la notion de création divine : ce qui explique le fait que Thomas ait consacré à l'examen de cette hypothèse tant et de si longs textes.

8. Conclusion

Dans la mesure où l'intelligence humaine est capable de concevoir une créature quelconque qui n'aurait jamais commencé, et cela même si cela lui reste à peine intelligible[32], il faut admettre sans aucun doute que Dieu aurait pu la créer, « puisqu'il déroge expressément à la toute-puissance de Dieu, celui qui dit que quelque chose peut être pensé des créatures qui ne puisse pas être fait par Dieu » (*De Æternitate mundi,*). Il est donc parfaitement raisonnable d'estimer que Thomas, parce qu'il était soucieux de défendre et de garantir à Dieu son absolue toute-puissance créatrice et sa liberté souveraine, a réellement exposé sa conviction la plus profonde quand il a affirmé, certes au début de son enseignement, mais sans jamais se reprendre ou se déjuger par après :

> « La troisième position est celle de ceux qui disent que tout ce qui existe, excepté Dieu, a commencé d'être ; mais que toutefois Dieu aurait pu produire les choses de toute éternité [...]. *Et j'adhère à cette position* » (*Scriptum super libros Sententiarum* II, D. 1, q. 1, a. 5).

31. Tous les exposés de Thomas sur la création comportent ainsi la question « Est-ce que créer convient à d'autres que Dieu ? » (*Scriptum super libros Sententiarum* II, D. 1, q. 1, a. 3), autrement dit « Est-ce qu'il appartient seulement à Dieu de créer ? » (*Summa theologiae* I, q. 45, a. 5).

32. *Summa theologiae* I, q. 46, a. 2 : « L'opinion des philosophes qui ont posé l'éternité du monde se partage en deux. Certains ont posé que la substance du monde ne provient pas de Dieu. Leur erreur est intolérable, et on peut la réfuter de façon nécessaire. Les autres ont posé que le monde était éternel, mais que ce monde, pourtant, avait été fait par Dieu. Ils veulent que le monde ait eu, non pas un commencement dans le temps, mais un commencement dans la création, en sorte qu'il soit toujours fait, mais d'une manière à peine intelligible ».

Bibliographie

Albert le Grand (1895). *B. ALBERTI MAGNI, Ratisbonensis episcopi, ordinis Prædicatorum, Opera omnia* (cura et labore Steph. Cæs Aug. Borgnet). Parisiis : Apud Ludovicum Vivès.

Bonaventure (1885). *Doctoris seraphici S. BONAVENTURAE S.R.E. episcopi cardinalis Opera omnia*. Ad claras Aquas [Quaracchi] : Ex typographia Collegii S. Bonaventurae.

Catéchisme de l'Église catholique (1992) (publié sous la direction du cardinal J. Ratzinger). [Paris] : Mame ; Plon.

Catéchisme du Concile de Trente (1882) (traduction nouvelle avec le texte en regard, enrichie de notes considérables par M. l'Abbé Gagey) (4e édit.) (2 vol.). Lyon ; Paris : Delhomme et Briguet.

Catéchisme du saint concile de Trente : manuel classique de la religion (1911). Paris : Desclée.

Celier, G. (2020). *Saint Thomas d'Aquin et la possibilité d'un monde créé sans commencement*. Le Chesnay : Via Romana.

Chenu, M.-D. (1950). *Introduction à l'étude de saint Thomas d'Aquin*. (Publications de l'Institut d'études médiévales ; 11). Montréal : Institut d'études médiévales ; Paris : J. Vrin.

Chenu, M.-D. (1974). Création et histoire. Dans Maurer, A. (dir.), *St. Thomas Aquinas (1274-1974) : Commemorative Studies* (vol. 2, pp. 391-399). Toronto : Pontifical Institute of Mediaeval Studies.

Clavier, P. (2011). *Ex nihilo*. Vol. 1 : *L'introduction en philosophie du concept de création*. Paris : Hermann.

Dales, R. C. (1990). *Medieval discussions of the eternity of the world*. Leiden ; New York ; Kobenhavn ; Köln : E. J. Brill.

Dales, R. C., & Argerami, O. (1994). *Medieval Latin texts on the eternity of the world*. Leiden ; New York ; Kobenhavn ; Köln : E. J. Brill.

Gierens, M. (1965). *Controversia de æternitate mundi : Textus antiquorum et scholasticorum*. Rome : Université Grégorienne. Édit. orig. : 1933.

Lalande, A. (1991). *Vocabulaire technique et critique de la philosophie* (avant-propos de R. Poirier) (2 vol.). Paris : Presses universitaires de France.

Maldamé, J.-M. (2014a). *Création et créationnisme*. (Que penser de... ? ; 85). Namur ; Paris : Éditions jésuites.

Maldamé, J.-M. (2014b). *L'atome, le singe et le cannibale : enquête théologique sur les origines*. Paris : Les éditions du Cerf.

Michon, C. (dir.) (2004). *Thomas d'Aquin et la controverse sur l'éternité du monde*. Paris : Flammarion.

Saranyana, J. I. (1973). La creacion « ab aeterno » : controversia de Santo Tomas y Raimundo Marti con San Buenaventura. *Scripta theologica*, 5, 127-174.

Sertillanges, A.-D. (1945). *L'idée de création et ses retentissements en philosophie*. Paris : Aubier-Montaigne.

Thomas d'Aquin (1926-1935). *Sancti Thomae Aquinatis Summa theologica de novo edita cura et studio Collegii Provinciae Tolosanae eiusdem ordinis apud S. Maximinum* (6 vol.). Paris : Blot.

Thomas d'Aquin (1929-1947). *Sancti Thomae Aquinatis Scriptum super libros Sententiarum, editio nova cura Petri Mandonnet et Mariae Fabiani Moos* (4 vol.). Paris : Lethielleux.

Thomas d'Aquin (1952). *S. Thomae Aquinatis doctoris angelici In Aristotelis libros De Cælo et mundo, De Generatione et corruptione, Meteorologicorum expositio* (cura et studio P. Fr. R. M. Spiazzi). Turin ; Rome : Marietti.

Thomas d'Aquin (1954b). *Sancti Thomæ de Aquino super librum De Causis expositio* (par H. D. Saffrey). Louvain ; Fribourg : Société philosophique ; Nauwelaerts.

Thomas d'Aquin (1961). *S. Thomae Aquinatis doctoris angelici Liber de veritate catholicæ fidei contra errores infidelium seu « Summa contra Gentiles ». Volumen II* (cura et studio fr. C. Pera). Turin ; Rome : Marietti.

Thomas d'Aquin (1963). *Somme théologique : « La Création »* (traduction, notes et appendices par le père A.-D. Sertillanges) (2e édit.). Paris ; Tournai : Cerf ; Desclée et Cie.

Thomas d'Aquin (1964b). *S. Thomae Aquinatis doctoris angelici In duodecim libros Metaphysicorum Aristotelis expositio* (editio iam a M.-R. Cathala exarata retractatur cura et studio P. Fr. R. M. Spiazzi). Turin ; Rome : Marietti.

Thomas d'Aquin (1965a). *S. Thomae Aquinatis doctoris angelici In octo libros Physicorum Aristotelis expositio* (cura et studio P. M. Maggiolo). Turin ; Rome : Marietti.

Thomas d'Aquin (1965b). *S. Thomae Aquinatis doctoris angelici Quæstiones disputatæ. Volumen II* (cura et studio P. Bazzi, M. Calcaterra, T. S. Centi, E. Odetto, P. M. Pession). Turin ; Rome : Marietti.

Thomas d'Aquin (1976). *Sancti Thomae de Aquino Opera omnia jussu Leonis XIII P.M. edita cura et studio Fratrum Praedicatorum tomus XLIII, [continens] De Principiis naturae, De Æternitate mundi, De Motu cordis, De Mixtione elementorum, De Operationibus occultis naturae, De Judiciis astrorum, De Sortibus, De Unitate intellectus, De Ente et essentia, De Fallaciis, De Propositionibus modalibus*. Rome : Editori de San Tommaso.

Thomas d'Aquin (1979). *Sancti Thomae de Aquino Opera omnia jussu Leonis XIII P.M. edita cura et studio Fratrum Praedicatorum tomus XLII, [continens] Compendium theologiae, De articulis fidei et Ecclesiae sacramentis, Responsio de 108 articulis, Responsio de 43 articulis, Responsio de 36 articulis, Responsio de 6 articulis, Epistola ad ducissam Brabantiae, De emptione et venditione ad tempus, Epistola ad Bernardum abbatem casinensem, De regno ad regem Cypri, De secreto*. Rome : Editori de San Tommaso.

Thomas d'Aquin (1996). *Sancti Thomae de Aquino Opera omnia jussu Leonis XIII P.M. edita cura et studio Fratrum Praedicatorum tomus XXV, [continens] Quaestiones de Quolibet, volumen II*. Rome ; Paris : Commissio leonina ; Cerf.

Thomas d'Aquin (2020). *L'éternité du monde* (introduction et traduction par G. Celier). Paris : Vrin.

Revue des Questions Scientifiques, 2021, 192 (3-4) : 347-384

L'origine chrétienne de la science moderne

Sources d'inspiration, réception et évaluation de ce texte d'Alexandre Kojève à l'occasion de sa récente réédition

Jean-François Stoffel
Département des sciences de la motricité
Domaine de la santé
Campus de Montignies-sur-Sambre
Haute école Louvain-en-Hainaut
stoffeljf@helha.be

À Jacqueline Zigrand

Résumé. – Récemment savamment rééditée, la contribution qu'Alexandre Kojève offrit à Alexandre Koyré pour son septantième anniversaire s'attache à soutenir, de manière « beaucoup moins canularesque qu'elle ne paraît l'être à première vue », une affirmation que les « procédures historiennes » ne permettraient pas d'énoncer : si les Grecs n'ont pas développé la physique mathématique alors que les savants du XVIe siècle, au premier rang desquels Nicolas Copernic, ont réussi à la faire émerger, c'est parce que les premiers étaient païens alors que les seconds étaient spécifiquement chrétiens ! Seuls ces derniers, grâce au dogme de l'Incarnation, ont en effet été aptes à réussir l'universalisation de l'approche mathématique du monde. N'hésitant pas à lire cette contribution tel qu'il s'avère qu'elle a été lue, c'est-à-dire indépendamment de l'œuvre kojévienne et de sa mise en œuvre d'une « histoire raisonnée », cet article analyse les deux principales sources d'inspiration de ladite thèse, à savoir Pierre Duhem et Alexandre Koyré ; retrace la réception historique de cette contribution ; relève toutes les objections qui, à cette occasion, lui furent adressées ; et, finalement, formule quelques objections supplémentaires. Les lecteurs qui souhaiteront bénéficier de la réédition de ce texte kojévien pour le moins provocateur devraient ainsi être à même de déterminer le degré de crédibilité qu'il convient de lui accorder.

Abstract. – Having recently been expertly republished, the contribution that Alexandre Kojève offered to Alexandre Koyré for his seventieth birthday served to support, in a manner that was in fact "much less playful than it initially appeared to be", a claim that "historical procedures" had suppressed: if the Greeks failed to develop mathematical physics where the scholars of the 16th century, the foremost of whom being Nicolas Copernicus, succeeded, then it must be due to the fact that the former were pagans while the latter were specifically Christian! Only the latter, by virtue of the doctrine of Incarnation, were deemed capable of achieving the universalisation of the mathematical approach to the world. Focussed on interpreting this contribution as it was intended to be read, in other words independently of Kojève's work and its implementation of a "rational history", this article endeavours to: analyse the two main sources of inspiration for the aforementioned theory, namely Pierre Duhem and Alexandre Koyré; trace the historical reception of this contribution; highlight all of the objections that it was subject to at the time; and, lastly, formulate a few additional objections. Those readers wishing to make the most of the reissue of this rather provocative Kojèvian text should thus be in a position to determine the degree of credibility that it should be afforded.

Mots clés. — Apologétique historique — Cosmologie, histoire de la — Duhem, Pierre — Koyré, Alexandre — Mathématisation du monde

Plan de l'article

1. Introduction

La récente réédition de ce texte kojévien, réalisée avec brio par Julien Copin (Kojève, 2021), est susceptible de donner, à la thèse audacieuse qu'il énonce, une actualité renouvelée, voire une majoration de sa crédibilité initiale. Il nous a dès lors semblé opportun de reprendre à nouveaux frais son évaluation. Si dans l'utile et copieux essai[1] qui accompagne cette réédition, Copin s'attache

1. Intitulé « Mathématiques et Incarnation », cet essai s'étend sur 80 pages !

principalement à resituer ce texte dans l'œuvre et, surtout, dans la démarche kojéviennes — celle d'une histoire raisonnée échappant résolument aux « procédures historiennes », mais néanmoins apte à faire émerger ce qui, sans un tel parti-pris, resterait inaperçu (Copin dans Kojève, 2021, notamment p. 10, p. 39 et p. 60) —, nous nous proposons tout au contraire de traiter ce texte comme une entité autonome et de le prendre « au pied de la lettre ». Ce faisant, nous le lirons tel qu'il s'avère qu'il a été lu et non pas tel que Kojève voulait, sans doute, qu'il soit lu. Qu'importe ! Il reviendra aux lecteurs de soupeser les avantages et inconvénients de l'une et l'autre manière de le lire et, à un éventuel commentateur plus apte que nous à le faire, de prendre simultanément en compte ces différents niveaux de lecture.

Après avoir donné une formulation aussi claire et rigoureuse que possible du raisonnement kojévien (§ 2), nous nous proposons donc, dans un premier temps, d'analyser les deux principales sources d'inspiration de ladite thèse (§ 3) ; dans un deuxième temps, de retracer sa réception (§ 4) dans le but de recenser, dans un troisième temps, toutes les objections qui, à cette occasion, lui furent adressées (§§ 5-6) ; et finalement, dans un quatrième temps, d'y ajouter les nôtres (§ 7). Forts de ces diverses informations, les lecteurs pourront alors, nous l'espérons, (re)lire avec profit ce texte kojévien et déterminer, par eux-mêmes, la crédibilité qu'il convient de lui accorder.

2. Résumé de la thèse kojévienne

Sollicitée par René Taton en 1961 et aussitôt rédigée (Blay, 2007, p. 30, n. 3), *L'origine chrétienne de la science moderne* constitue la contribution que Kojève, qui fut « l'élève, le suppléant et l'ami de Koyré » (Zambelli, 2016, p. 49)[2], offrit à ce dernier en l'insérant dans l'un des deux volumes de mélanges qui furent publiés en 1964 à l'occasion de son septantième anniversaire. Brève, mais particulièrement dense, cette contribution doit être méticuleusement décortiquée et, assez souvent, clarifiée, avant de pouvoir être commentée et évaluée. En effet, excepté l'ouvrage récent qui a suscité cette étude (Kojève, 2021), la littérature secondaire n'offre, de cette contribution, aucune synthèse qui soit tout à la fois fidèle et suffisamment détaillée[3]. Aussi, celle que nous estimons indispensable de fournir en guise de préalable, voudra-t-on bien nous permettre non seulement d'opérer de légères simplifications, mais également de sacrifier

2. Sur les relations entre Koyré et Kojève, cf. Zambelli, 2021.
3. Même le résumé d'A. Leupin (1993, pp. 8-10) ne remplit pas ces deux conditions.

le style à la précision[4]. En particulier, nous nous efforcerons de distinguer, en les numérotant entre crochets[5], chacune des assertions constitutives du raisonnement kojévien afin de pouvoir plus facilement y faire référence.

* * *

[**1**] Par « physique mathématique », nous entendrons la « science théorique à vocation universelle qui admet la possibilité de présenter tous les phénomènes perceptibles à l'œil nu ou armé comme des manifestations visibles de relations qui ne le sont pas et qui correspondent d'une façon absolument rigoureuse [...] à des formules ou fonctions mathématiques, qui s'y rapportent d'une manière précise ».

[**2**] Concernant cette physique mathématique, un fait s'impose : bien qu'aujourd'hui elle tente à être universellement répandue, elle est apparue au XVI[e] siècle en Europe occidentale et nulle part ailleurs ni à nulle autre époque. [**3**] Sa présence coïncide donc rigoureusement avec celle de la civilisation chrétienne. [**4**] En effet, aucun peuple non chrétien n'a pu ou n'a voulu dépasser les limites de la science hellène en développant une telle physique mathématique. [**5**] Quant aux Grecs eux-mêmes, deux caractéristiques sont à prendre en considération : ils ont été, eux aussi, incapables de dépasser les limites de leur propre science et ils étaient tous païens. [**6**] Plusieurs hypothèses peuvent être formulées à propos des liens éventuels unissant ces deux caractéristiques : a) de tels liens sont tout simplement inexistants, mais ce serait soutenir, de manière inopportune[6], que pensée scientifique et pensée religieuse sont indépendantes l'une de l'autre ; b) les Grecs ont été païens faute d'avoir fait de la physique mathématique, mais une telle assertion paraît difficilement soutenable ; enfin c) ils n'ont pas développé de physique mathématique afin de pouvoir rester païens. [**7**] Cette dernière affirmation étant « beaucoup moins canularesque qu'elle ne paraît l'être à première vue », tentons de définir, si pas ce que la théologie païenne « classique » a été, du moins ce qu'elle devrait avoir été pour que ladite affirmation « soit acceptable, sinon acceptée ».

4. Afin de ne pas alourdir inutilement notre texte, nous nous abstiendrons de renseigner la pagination des extraits du texte kojévien que nous serons amenés à citer. Toutes ces citations étant issues d'une contribution qui ne dépasse pas une douzaine de pages, il ne sera guère difficile au lecteur de les retrouver soit dans l'édition originelle (Kojève, 1964) soit dans sa récente réédition (Kojève, 2021).
5. Les renvois aux sections de notre propre texte seront, eux, insérés entre parenthèses.
6. N'oublions pas que cette contribution paraît dans un volume d'hommage consacré à Koyré qui, plus que tout autre, s'est attaché à manifester l'étroite imbrication entre pensées scientifique, philosophique et religieuse !

[**8**] Par opposition à la théologie chrétienne, la théologie païenne « classique » affirme la double transcendance de dieu. [**9**] Elle l'affirme une première fois, car le païen, même s'il meurt dans les conditions requises et même s'il est entièrement dépouillé de son corps, sera toujours séparé de son dieu par une barrière infranchissable, de sorte que son dieu est « irrémédiablement au-delà de l'Au-delà auquel le païen peut éventuellement accéder après sa mort ». [**10**] Elle l'affirme une seconde fois, car ce qui est vrai pour le païen l'est aussi pour son dieu : celui-ci non plus ne saurait enjamber cette barrière infranchissable ni pour se manifester ni pour s'incarner. Par conséquent, en deçà « de ce qui est dans les cieux, tout est partout et toujours profane dans le monde des classiques païens ». [**11**] Il importe peu que cette barrière soit idéelle, comme dans la philosophie platonicienne, ou réelle, comme dans celle du Stagirite. Seul importe qu'elle soit absolument infranchissable dans un sens [cf. § 9] comme dans l'autre [cf. § 10].

[**12**] Le monde divin et transcendant dans lequel le dieu païen peut, en revanche, se manifester ou s'incarner est nécessairement, sous une forme ou sous une autre, un ensemble ordonné de relations rigoureuses et immuables entre des nombres éternels et précis. Par contre, notre monde profane (qu'il soit identifié à l'ensemble du cosmos ou seulement au monde sublunaire) ne saurait, lui, comporter de relations mathématiques ou du moins mathématisables, car il est composé d'éléments matériels fluctuants. [**13**] Par conséquent, les lois mathématiques, cantonnées là où il n'y a absolument aucune matière ou du moins seulement de la matière éthérée, ne sauraient être trouvées au sein de la matière vulgaire et grossière de notre monde. [**14**] Pour les Hébreux comme pour les Grecs, la recherche d'une physique mathématique au sein de notre monde serait donc non seulement « une pure folie », mais encore « un grand scandale ».

[**15**] Pour qu'un païen puisse néanmoins se lancer dans une telle recherche, nous savons déjà [cf. § 4] que sa conversion au bouddhisme, au judaïsme ou à l'islamisme ne saurait être suffisante, puisque ces peuples n'ont pas davantage développé de physique mathématique. [**16**] En revanche, la coïncidence chronologique et géographique, déjà signalée [cf. § 3], entre physique mathématique et civilisation chrétienne nous incite à nous demander s'il ne faudrait pas être ou devenir chrétien pour pouvoir développer une telle physique. Toutefois, deux objections semblent immédiatement s'opposer à une telle hypothèse. [**17**] Premièrement, si la possibilité de s'adonner à la physique mathématique est intrinsèquement liée au fait d'être chrétien, comment expliquer que la civilisation chrétienne ait fort bien pu, quinze siècles durant, se passer d'une telle physique, puisque celle-ci n'apparut qu'au XVIe siècle [cf. § 2] ? La raison en

est que le christianisme, loin de pénétrer immédiatement et simultanément tous les domaines de la culture, a mis un certain temps, variable selon les cas, avant de réussir à christianiser la théologie, l'art, la philosophie et, par-dessus tout, la science. En effet, sa priorité absolue consistait, assez naturellement, à préserver la pureté de la foi et non à développer la connaissance scientifique. [**18**] Deuxièmement, s'il existe une telle accointance entre physique mathématique et christianisme, comment comprendre que les promoteurs de la science moderne aient été, la plupart du temps, mal traités par l'Église ? La raison de ce fait découle du point précédent [cf. § 17] : comme l'Église s'est longtemps désintéressée de la science ayant d'autres priorités, elle ne s'est pas rendu compte que le paganisme s'était empressé d'y revenir. Par conséquent, elle a paradoxalement défendu certaines théories incontestablement païennes contre de bons chrétiens, en l'occurrence maints promoteurs de la science moderne, qui voulaient les christianiser en combattant ce qu'il y avait de païen en elles. Bien qu'un certain nombre de ces promoteurs ait donc été mal traité par une Église partiellement aveuglée, il n'en demeure pas moins que c'est « parce qu'ils ont combattu en leur qualité de chrétiens la science antique en tant que païenne, que les divers Galilée petits, moyens et grands ont pu élaborer leur nouvelle science »[7].

[**19**] Puisque l'émergence de la science moderne ne s'est réalisée que dans le monde chrétien [cf. § 2], recherchons le dogme de la théologie chrétienne qui serait susceptible de rendre compte de cette singularité. [**20**] Ce dogme devant être « à la fois authentiquement et spécifiquement chrétien », nous pouvons d'emblée éliminer l'unicité de Dieu et la Création *ex nihilo* qui se retrouvent dans d'autres religions. [**21**] Quant au dogme de la Trinité, il « incite beaucoup plus à l'introspection “mystique” ou aux spéculations “métaphysiques” qu'à une observation attentive des phénomènes » naturels. [**22**] Seul subsiste donc le dogme de l'Incarnation[8]. Par conséquent, si « le christianisme est responsable de la Science moderne, c'est le dogme chrétien de l'Incarnation qui en porte la responsabilité exclusive[9] ».

7. J. Lacouture a plus particulièrement été sensible à ce point de vue kojévien d'une Église défendant des théories païennes contre des savants chrétiens qui voulaient les christianiser et, ce faisant, les moderniser (Lacouture, 1992, pp. 244-245).
8. Désireux de ne pas tirer profit des ambiguïtés permises par la polysémie du terme « incarnation », nous lui mettrons systématiquement la majuscule lorsqu'il désigne spécifiquement le dogme chrétien selon lequel le Verbe divin s'est fait chair en Jésus-Christ.
9. Cet « exclusif », sans doute abusif, résulte, comme nous l'établirons (cf. § 7), d'un silence coupable, mais néanmoins nécessaire, à l'égard d'un autre argument, celui de la désacralisation.

[**23**] Recherchons quel est le rapport qui pourrait exister entre l'émergence de la science moderne et ce dogme affirmant comme possible la présence réelle de Dieu dans notre monde sensible, sans que cette présence ne Le condamne à déchoir de son absolue perfection. [**24**] Si une telle présence sans déchéance est possible, c'est donc que notre monde sensible est lui-même parfait, « du moins dans une certaine mesure ». [**25**] Si, comme le pensaient les savants Grecs, les corps divins reflètent des relations éternelles entre des entités mathématiques [cf. § 12] et si, comme les chrétiens l'affirment, un corps peut être en même temps divin et terrestre sans perdre pour autant ce qui fait sa divinité ou ce qui est associé à celle-ci [cf. § 23], alors est rendu pensable ce qui, auparavant, ne l'était pas [cf. §§ 13-14] en raison, d'une part, de la barrière infranchissable déjà évoquée [cf. §§ 8-11] et, d'autre part, de la dévalorisation du monde terrestre qui résulte de sa composition [cf. §§ 12-13] et de sa situation cosmologique [cf. § 28] : ces relations mathématiques, intimement associées au divin, peuvent désormais habiter également le monde sublunaire, puisque celui-ci se trouve dorénavant associé, du moins jusqu'à un certain point, à la perfection [cf. § 24]. Rien, par conséquent, « n'empêche plus de rechercher ces relations dans l'ici-bas autant que dans le ciel ». [**26**] Aussi est-ce à une telle recherche que des chrétiens, de plus en plus nombreux, se sont adonnés avec passion depuis le XVI[e] siècle, avant d'être « suivis ces derniers temps par quelques juifs, musulmans et païens ».

[**27**] Le rapport entre le dogme de l'Incarnation et l'émergence de la science moderne ayant été élucidé, il reste à expliquer pourquoi cette émergence, dont nous avons déjà expliqué le retard [cf. § 17], s'est réalisée précisément au XVI[e] siècle et non pas un peu plus tôt ou un peu plus tard. L'événement le plus important survenu au cours de ce siècle est, sans conteste, la révolution copernicienne. Examinons donc sa portée. [**28**] Selon une interprétation trop souvent répétée, elle aurait délogé la Terre de la position privilégiée qui était la sienne dans le géocentrisme. Erronée, une telle interprétation oublie de préciser que si cette antique position fut effectivement singularisée, c'est uniquement dans la mesure où elle incarnait le point le plus bas du monde[10], à savoir celui « par

10. Faisons remarquer cette parfaite assimilation kojévienne du statut bas plutôt que glorieux de la position de la Terre dans le géocentrisme, statut que Koyré signale assez discrètement dans son œuvre après en avoir lui-même pris lentement conscience (Stoffel, 2018[a], pp. 435-437). En effet, la prise en compte de cette correction fondamentale apportée à l'interprétation traditionnelle de la révolution copernicienne est essentielle au raisonnement kojévien : elle permet de confirmer non seulement la dichotomie radicale instituée par la théologie païenne entre un monde divin, privilégié, et un monde profane, dévalorisé [cf. § 12], mais encore la revalorisation — typiquement chrétienne — de ce monde pro-

rapport auquel même la lune faisait figure d'un Transcendant irrémédiablement inaccessible ». [**29**] Savant, mais néanmoins désireux de rester chrétien, Copernic ne pouvait se satisfaire d'une telle dévalorisation païenne de notre planète [cf. §§ 8-13, § 28], dès lors qu'elle s'avère incompatible avec sa valorisation chrétienne [cf. § 24]. [**30**] Loin de déclasser la Terre comme le prétend erronément l'interprétation traditionnelle [cf. § 28], l'astronome polonais la projeta donc dans le ciel aristotélicien en faisant preuve d'un énorme courage. « En faisant suivre dans le Ciel le corps du Christ ressuscité par l'ensemble du monde terrestre », il éliminait ainsi de la science toute trace de paganisme : plus de barrière infranchissable et, par conséquent, plus de dévalorisation de la Terre non plus[11]. [**31**] Quelle que soit la conception que s'en faisaient les chrétiens, ce ciel, dans lequel Copernic venait de projeter notre globe, était, pour tous les savants de l'époque, un ciel mathématique ou du moins du mathématisable. [**32**] Par conséquent, en projetant notre planète dans un ciel ainsi conçu, l'astronome polonais ne débarrassait pas seulement la science de toute trace de paganisme [cf. § 30], mais il invitait également les savants à développer, sur Terre aussi, cette approche mathématique qui prévalait déjà dans le monde céleste [cf. § 31]. [**33**] Comme ces savants purent mettre en œuvre cette nouvelle approche dans un monde qui était déjà globalement christianisé, on ne cria pas trop fort ni à la folie ni au scandale comme c'eût été immanquablement le cas dans un contexte païen [cf. § 14]. [**34**] Bien sûr, cette « folle projection » copernicienne de notre globe dans les cieux aristotéliciens désordonna ceux-

fane opérée, symboliquement, par le dogme de l'Incarnation [cf. § 24] et, « physiquement », par la projection copernicienne de la Terre dans le ciel [cf. § 30]. En revanche, le maintien de l'interprétation traditionnelle, assimilant la centralité terrestre à une place d'honneur, aurait constitué un grave obstacle à la thèse kojévienne, puisqu'elle aurait rendu tout simplement inutile la nécessité de recourir au dogme de l'Incarnation pour rehausser le monde terrestre dès lors que celui-ci n'aurait jamais été dévalorisé !

11. Réputé pour cultiver l'originalité et même un « goût certain du paradoxe » (Lussy, 2007, p. 8), Kojève pouvait aller jusqu'à titiller la provocation comme en témoigne, en cet endroit, son interprétation du geste copernicien. En effet, non content de soutenir que les conflits des XVIe et XVIIe siècles entre l'astronomie nouvelle et l'Église catholique résultaient d'une opposition non au christianisme, mais à la part de paganisme que celui-ci continuait malgré lui à abriter, Kojève n'hésite pas à christianiser la révolution copernicienne, soit l'événement même qui passe communément pour avoir littéralement traumatisé la théologie chrétienne et initié le désenchantement du monde. L'histoire retracée en cet endroit peut donc sembler aussi paradoxale que celle présentée naguère par Duhem : quand celui-ci avait prétendu que la logique était non du côté des savants, mais bien de celui du théologien Osiander et du cardinal Bellarmin (Duhem, 1908, pp. 136-140), Kojève soutient, de façon tout aussi inattendue, que le christianisme véritable (du moins quant à l'articulation des mondes terrestre et céleste) était non du côté de l'Église, mais bien de celui de ces savants modernes que Rome allait pourtant condamner !

ci. Cependant, les savants vraiment chrétiens ne s'en formalisèrent pas, car seule importait, pour eux, l'identité foncière de la Terre et du ciel [cf. § 29]. [35] Signalons enfin que dans cet univers désormais unifié, des phénomènes inquiétants se sont récemment manifestés qui peuvent faire penser à une sorte de revanche de l'antique et païen Platon.

* * *

Au terme de cette réécriture de la thèse kojévienne, s'éclaire enfin l'étrange explication avancée pour faire comprendre pourquoi les Grecs n'ont pas développé la physique mathématique [cf. § 6] : puisque l'émergence de cette physique suppose la suppression de la barrière infranchissable qui est inhérente à leur théologie païenne, il leur fallait soit abandonner leur paganisme, soit renoncer à la physique mathématique. Comme l'atteste l'histoire [cf. § 5], ils ont préféré rester païens !

3. Sources d'inspiration

Une thèse s'entend mieux lorsque ses sources d'inspiration sont identifiées. À défaut de pouvoir les étudier toutes, examinons les deux principales : A. Koyré bien sûr et, sans surprise, P. Duhem.

3.1. Alexandre Koyré

Avant que la première note du tapuscrit de sa contribution ne soit rayée et donc non publiée, Kojève y indiquait la dette intellectuelle principale qui avait été la sienne dans l'élaboration de ce texte. De manière convenue, mais néanmoins surprenante, il ne s'agissait de personne d'autre que du savant commémoré lui-même. Sans dater l'année académique bien précise à laquelle il songeait et tout en hésitant entre « résumé de » et « inspiré de », Kojève y mentionnait les « principales idées qui ont constitué la base du cours (malheureusement inédit) sur Copernic qu'Alexandre Koyré professa à l'École pratique des hautes études » (cité dans Blay, 2007, p. 30, n. 3). Que soit ici visée la seconde conférence de l'année académique 1929-1930 ou la première de l'année académique 1931-1932 — Kojève fut « auditeur régulier » de l'une avant d'être « élève titulaire » de l'autre (Koyré, 2016, pp. 72-73 et p. 86)[12] —, il n'en demeure pas moins, dans un cas comme dans l'autre, qu'une trentaine d'années sépare

12. Alors maître de conférences à la Faculté de lettres de l'Université de Montpellier, Koyré n'assura pas de conférence durant l'année 1930-1931.

la reconnaissance de cette dette dudit cours koyréen. Il convient donc d'être prudent. Affirmation surprenante, disions-nous, car à lire le résumé des cours visés, rien ne semble faire écho au texte qui est dit en avoir résulté. Affirmation convenue, en même temps, car il est manifeste que la contribution de Kojève partage de nombreux points communs avec l'œuvre de son maître, dont bien sûr l'interdépendance des pensées scientifique et religieuse. À défaut de pouvoir prendre en considération l'entièreté de l'œuvre koyréenne afin de dresser la liste exhaustive de tous ces points communs, limitons-nous à son article le plus déterminant pour notre propos : *Du monde de l'« à-peu-près » à l'univers de la précision* publié en 1948. On y trouve deux éléments cruciaux qui entrent en résonnance avec la thèse kojévienne : l'importance historique fondamentale de la dichotomie aristotélicienne interprétée comme séparant le monde de l'à-peu-près (le nôtre) de celui de la précision (le monde céleste) et, corrélativement, l'idée qu'avec la science moderne cette « précision du ciel est *descendue* sur la Terre » (Koyré, 1948/1986[a], p. 344, nous soulignons). Il est sans doute hasardeux d'imaginer que Kojève ait pu s'inspirer de cette idée pour formuler ce qui sera la sienne, à savoir : avec la perfection du ciel descendue sur Terre grâce à l'Incarnation, c'est également sa précision qui est arrivée sur notre globe. Quoi qu'il en soit, reconnaissons que ces similitudes n'empêchent pas que l'explication koyréenne du processus de réunification et de mathématisation du monde soit radicalement différente de celle de Kojève : selon lui, cette réunification a été opérée par l'instrument optique quand cette arrivée de la précision a résulté de l'instrument de mesure du temps (Koyré, 1948/1986[a]).

3.2. Pierre Duhem

Florence de Lussy signale une autre source d'inspiration qui, à vrai dire, n'est jamais très éloignée de celle que nous venons d'étudier : après Koyré, nécessairement Duhem ! Elle affirme en effet — sans malheureusement être plus précise — que « l'article [de Kojève] développe avec génie une page du *Système du monde* [...], dont son ami le père Fessard lui avait communiqué le texte » (Lussy, 2007, p. 9, n. 7). Puisqu'aucune autre information ne nous est fournie, pas même la source de ce précieux renseignement, cherchons de quelle page il pourrait s'agir[13].

De concert avec Jean-Michel Maldamé (2003, pp. 82-83) qui, lui aussi, a explicitement en vue l'article de Kojève, on songe immédiatement à cette conclusion duhémienne figurant dans le deuxième tome du *Système du monde* (Du-

13. J. Copin (2021, p. 12, n. 5) ne fournit pas davantage d'informations.

hem, 1914, p. 408 et surtout p. 453). Récapitulons son raisonnement. Toutes les cosmologies helléniques prétendent que les corps célestes sont divins ; or, il fallait que les astres soient déchus de ce rang pour que puisse être conçue l'affirmation, caractéristique de la science moderne, selon laquelle les mêmes lois régissent tout à la fois les mouvements célestes et sublunaires ; mais comme cette attribution d'une divinité aux astres était le résultat de dogmes religieux, toutes les cosmologies helléniques étaient en réalité des théologies ; par conséquent, pour que cette attribution puisse être reconnue comme erronée, il fallait que se produise une révolution qui soit elle-même théologique ; cette révolution s'est effectivement produite et elle s'est produite lorsque la théologie du christianisme est venue heurter la théologie du paganisme hellénique ; c'est donc la théologie chrétienne qui a créé cette condition nécessaire à l'émergence de la science moderne qu'est la désacralisation[14] du monde céleste.

Entre les thèses duhémienne et kojévienne, on perçoit immédiatement deux similitudes : l'une, sur laquelle nous reviendrons plus en détail (cf. § 3.3), est pour le moins originale ; l'autre, débutant par une affirmation obvie et largement partagée, conduit cependant à une différence majeure entre ces deux auteurs et s'avèrera constituer, pour le second d'entre eux, une difficulté.

Première similitude : Duhem et Kojève établissent à l'origine de la science moderne non pas n'importe quel type de cause ou d'événement, mais bien une *révolution* et, plus précisément encore, une révolution de nature *théologique* qui, plus particulièrement dans le cas de Kojève, ne pouvait être opérée que par le *christianisme*[15]. Il s'agit, pour Duhem, de la révolution issue de la collision entre les théologies païenne et chrétienne et, pour Kojève, de celle représentée par l'instauration du dogme de l'Incarnation.

Deuxième similitude : Duhem et Kojève s'accordent pour affirmer que l'émergence de la science moderne nécessitait l'anéantissement préalable de la dichotomie aristotélicienne. Cette banalité ayant été dite, empressons-nous de préciser, d'une part, que leurs objectifs respectifs — la désacralisation du monde pour l'un et la mathématisabilité universelle de ce même monde pour

14. C'est à dessein que nous évitons d'utiliser le terme « désenchantement » : un monde désacralisé, et donc entièrement soumis à des lois rationnelles, n'est pas *nécessairement* un monde désenchanté.

15. Nouvelle preuve de l'originalité de la thèse kojévienne (du moins à l'époque de sa publication) : la continuité traditionnellement affirmée et censée relier directement notre modernité européenne à sa seule et unique origine, en l'occurrence l'Antiquité grecque, se trouve dorénavant mise à mal par une rupture, à savoir celle que constitue la révolution théologique opérée par le christianisme (Rashed, 1984, pp. 301-302).

l'autre — ne sauraient être assimilés et, d'autre part, qu'ils nécessitent, pour être atteints, la mise en œuvre de procédés tout simplement opposés. Ces deux objectifs ne sauraient être assimilés, car si la désacralisation « duhémienne », consécutive au monothéisme et à la radicale transcendance d'un Dieu créateur, permet effectivement de concevoir le monde naturel comme pouvant, voire devant, relever d'une démarche scientifique strictement agnostique[16], elle ne garantit pas pour autant la mathématisabilité « kojévienne » de ce même monde qui, elle, requiert spécifiquement un dogme propre à la religion chrétienne, à savoir celui de l'Incarnation[17]. Ces objectifs mettent également en œuvre des procédés opposés : la désacralisation du premier requiert l'assimilation des astres au statut inférieur qui est celui de la Terre quand la mathématisabilité du second exige au contraire l'assimilation de la Terre au statut supérieur qui est celui des astres. Or, on ne peut guère désacraliser les astres tout en conservant leur perfection ! Difficulté donc il y a — nous y reviendrons en détail (cf. § 7) —, difficulté qui nous empêche dès à présent de concevoir la thèse kojévienne comme s'inscrivant purement et simplement dans le prolongement de celle de Duhem.

* * *

Plaçant lui aussi une révolution théologique à l'origine de la science moderne, mais traitant d'une thématique (la désacralisation du monde naturel) bien moins originale que celle de Kojève (l'universalisation de sa mathématisabilité) et requérant en outre une assimilation inverse à celle du célèbre commentateur hégélien, ce premier texte duhémien — le seul retenu par J. Copin (dans Kojève, 2021, p. 12) — ne semble donc que très partiellement faire écho à ce qui fait la singularité du propos kojévien. Un autre texte issu du *Système du monde*, sur lequel Stanley L. Jaki (1990, pp. 95-96 et pp. 252-253) a attiré l'attention des spécialistes pour une tout autre raison, présente, lui, la particularité de se référer explicitement à ce qui fait cette singularité, à savoir l'Incarnation. Dans le quatrième tome en effet, Duhem aborde, avec Avicenne et Al-Ghazzali, la question suivante : est-il imaginable que ce qui produit les mouvements célestes soit la volonté de ressembler à la Cause suprême en ayant, comme elle, le désir de répandre, par lesdits mouvements, une influence féconde au sein du

16. La démarche scientifique est ici qualifiée d'agnostique dans la mesure où, *méthodologiquement*, elle s'interdit de faire quelque référence que ce soit à une quelconque intervention divine. En effet, ce serait, de sa part, dénaturer le point de vue particulier qui est le sien.

17. Avec la thèse kojévienne, il ne s'agit donc plus seulement de soutenir que la science moderne ne pouvait apparaître que dans un contexte monothéiste, mais bien de spécifier davantage ce contexte en le qualifiant de nécessairement chrétien.

monde sublunaire ? Est-il donc envisageable que les cieux éprouvent, à l'instar de la Cause suprême, le désir de produire, par leurs mouvements, tout le bien dont ils sont capables au profit de cet être inférieur qu'est le monde sublunaire ? Conformément, d'une part, au néoplatonisme et à tout le paganisme qui « voit toujours dans l'amour un désir qui monte de l'inférieur vers le supérieur [et] jamais une bienveillance qui descende du supérieur vers l'inférieur » (Duhem, 1916, p. 353) et, d'autre part, au principe de convenance selon lequel celui qui se met en quête d'autre chose est plus vil que l'objet de sa recherche, Avicenne ne peut se résoudre à répondre affirmativement. En effet, argumente-t-il, cette explication reviendrait à admettre que les corps célestes, puisqu'ils visent le développement heureux du monde sublunaire, sont plus vils que ce dernier ; ou encore que le pasteur, puisqu'il s'inquiète de ses brebis, est plus vil que ces dernières. Profitant de cette analogie, Duhem fait aussitôt remarquer que ce qui est manifestement impensable pour Avicenne l'est, en revanche, fort bien dans le cadre de la seule et unique philosophie chrétienne :

> « Assurément, aucune philosophie, hors l'influence du Christianisme, n'a pu rendre intelligible la bienveillance par laquelle le supérieur, *sans déchoir*, désire le bien de l'inférieur ; aucune n'a pu comprendre que le prophète aime son peuple, que le Bon Pasteur aime ses brebis jusqu'à donner sa vie pour elles » (Duhem, 1916, p. 453. Nous soulignons).

Bien plus que le précédent, ce texte est susceptible d'avoir inspiré Kojève. Loin de réclamer une désacralisation de ce qui nous est supérieur, il pointe au contraire l'expérience de pensée inédite que permet l'Incarnation : oser imaginer que le supérieur puisse « désirer » l'inférieur — au point même de le rejoindre pour mieux en prendre soin — sans pour autant déchoir, sans donc cesser d'être ce qu'il est. Assurément, ce sont les deux points centraux de la thèse kojévienne qui se trouvent ici affirmés ou du moins suggérés : non seulement la capacité du Dieu des chrétiens à outrepasser la barrière demeurée infranchissable pour le dieu des païens [cf. § 23], mais encore son aptitude à rehausser en dignité notre monde terrestre [cf. § 24], puisque sa divinité n'a aucunement été compromise par son Incarnation [cf. § 23].

Florence de Lussy n'ayant pas pris la peine de préciser quel est l'extrait du *Système du monde* que le Père Fessard avait transmis à Kojève — le premier analysé ? le second ? ou peut-être même un troisième ? —, nous devrons arrêter ici nos supputations.

3.3. Une combinaison originale de l'un et de l'autre

En faisant remarquer que Kojève renvoie « dos à dos les tenants du continuisme et ceux du discontinuisme » puisqu'il assume à la fois une rupture et une continuité, M. Blay (2007, pp. 31-36), quant à lui, nous permet de préciser davantage la spécificité de la thèse kojévienne par rapport à celle de ces deux illustres devanciers. Conformément à la distinction traditionnelle entre historiens « chrétiens », portés à privilégier la continuité entre moyen âge et Renaissance, et historiens « rationalistes », favorisant davantage la discontinuité, Duhem, dans une veine partiellement apologétique, recourt — du moins en première approximation — à la *continuité* pour mettre en évidence ce que la science moderne doit aux Pères de l'Église et aux scolastiques. Indifférent à une telle motivation, Koyré instaure au contraire une *discontinuité* entre ces deux périodes afin de marquer l'absolue nouveauté de cette même science moderne, à savoir la mathématisation désormais universelle d'un monde à présent réunifié. Se démarquant de l'une et de l'autre de ces deux postures, Kojève accepte la *rupture* koyréenne résultant de cette nouveauté, mais pour l'inscrire aussitôt dans la *continuité* d'une autre *rupture*, celle introduite par le dogme de l'Incarnation. Conformément à l'observation de M. Blay, il prend donc ses distances par rapport à la traditionnelle ligne de partage entre continuistes et discontinuistes en n'hésitant pas à faire siennes chacune de ces deux possibilités pourtant réputées exclusives.

Il convient cependant de poursuivre plus avant l'analyse. Si on veut bien se rappeler que Duhem, comme en témoigne le premier extrait du *Système du monde* que nous avons analysé, inscrit sa continuité entre une révolution théologique antérieure (devant conduire à la désacralisation du monde céleste) et des révolutions scientifiques ultérieures — la multiplicité ici affirmée étant sans doute pour lui une manière de relativiser ce caractère révolutionnaire (Stoffel, 2017, pp. 281-293) —, on perçoit mieux l'innovation kojévienne. Au lieu d'en rester — comme la conception classique — à l'instauration d'une continuité qui, à elle seule, suffirait à donner une connotation apologétique à son propos, Kojève ajoute deux éléments. Premièrement, il pose — comme Duhem — une révolution théologique en amont de cette continuité tout en l'identifiant — contrairement à lui — à un événement factuel bien précis ayant donné lieu à un dogme, à savoir l'Incarnation. Deuxièmement, en aval de cette continuité cette fois, il place — comme Koyré — une révolution scientifique dont la signification profonde — contrairement à lui — est à rechercher dans la révolution théologique dont elle constitue la conséquence tardive. Non content d'avoir fracassé la rigidité absurde de la ligne de partage entre continuistes et disconti-

nuistes, Kojève s'est donc attaché à combiner les perspectives de Duhem et de Koyré : retenant du premier l'existence d'une *révolution*[18] théologique initiale, mais en l'identifiant autrement ; conservant du second la description de la science moderne en tant que révolution scientifique, mais pour l'investir d'une signification différente. Par une belle symétrie, le caractère révolutionnaire de la science moderne fait donc écho, chez lui, au caractère au moins aussi révolutionnaire de l'événement initial qui l'a rendu possible[19].

* * *

Aussi partielle que soit notre étude comparative de ces trois auteurs et aussi factice que soit l'exercice consistant à rechercher, rétrospectivement, les éléments qu'il « suffisait » à Kojève de recueillir et d'assembler pour formuler son raisonnement, il semble bien que celui-ci ait déjà pu trouver, au sein des seules œuvres duhémienne et koyréenne, maints éléments nécessaires à l'édification de sa propre thèse. Dans ces œuvres, il aura en effet potentiellement trouvé : 1°) un point de départ, à savoir une dichotomie infranchissable, entre un monde dévalorisé et un monde divinisé, apte à expliquer pourquoi la mathématisabilité du second est restée inaccessible au premier (Koyré) ; 2°) un objectif final, en l'occurrence faire descendre la précision mathématique du second sur le premier (Koyré) ; 3°) une condition préalable à remplir, soit la nécessaire suppression de cette dichotomie (Duhem et Koyré) dont on sait déjà qu'elle est également profitable à la légalité universelle du monde (Duhem) ; 4°) l'ébauche d'une solution, à savoir la capacité, manifestée par l'Incarnation, du Dieu des chrétiens à franchir cette barrière soi-disant infranchissable sans rien perdre de ce qui Lui est associé (Duhem) ; et enfin 5°) l'identification d'une difficulté, en la circonstance l'impossibilité d'obtenir simultanément, du moins par les moyens envisagés, la désacralisation du monde et sa mathématisabilité.

18. Il est tellement fréquent de réduire la philosophie de l'histoire du savant bordelais à un simple continuisme réfractaire à toute révolution que J. Copin n'a naturellement pas pris garde à la présence, dans le texte duhémien, de l'expression « *révolution* théologique » : « [Kojève] soutient contre [Duhem] et avec [Koyré], que [la science moderne] procède d'un bouleversement révolutionnaire » (Copin dans Kojève, 2021, p. 14).

19. En maintenant l'existence de *deux* révolutions, nous ne suivons donc pas la suggestion de Leupin selon laquelle, suite à la thèse kojévienne, « la coupure comme émergence de la science moderne telle que la propose Alexandre Koyré [...] doit être à la fois déplacée chronologiquement et rebaptisée » afin que ne subsiste que celle, ayant eu lieu au début de notre ère, instaurée par le dogme de l'Incarnation (Leupin, 1993, p. 10).

4. Réception

Retracer la réception de la thèse kojévienne nous permettra non seulement de repérer comment les uns et les autres se sont positionnés à son égard, mais aussi et surtout de faire un relevé exhaustif des objections qui, à cette occasion, lui furent adressées.

La première information, et sans doute l'une des plus importantes, que devrait délivrer un tel historique est celle de l'accueil que Koyré lui-même réserva à la thèse kojévienne. Malheureusement, celui-ci étant décédé quelques mois avant la parution de ses *Mélanges*, nous n'avons aucune information à cet égard, bien qu'il eût l'occasion de prendre connaissance de leur contenu avant même leur publication effective. Connaître l'avis de Koyré eût été d'autant plus intéressant que cette contribution — nous l'avons dit — a non seulement été perçue par son auteur comme résultant de l'enseignement de son maître, mais qu'elle témoigne en outre, à sa façon, de ces interactions entre pensée scientifique et pensée religieuse si chères à l'auteur *Du monde clos à l'univers infini*. On se rappellera toutefois que Koyré n'a jamais véritablement envisagé une origine chrétienne à la science moderne[20], alors qu'il a, en revanche, explicitement soutenu son origine archimédienne à maintes reprises[21]. Face à la contribution kojévienne, peut-être aurait-il tout simplement rappelé, comme il l'avait déjà fait à propos de ce thème connexe qu'est la question des origines de la technique, qu'il « est impossible, en histoire, d'évacuer le fait, et de tout expliquer », car ce n'est pas « un scandale pour l'esprit » qu'il y ait « des événements inexplicables » (Koyré, 1948/1986[b], p. 316 et p. 339; 1948/1986[a], p. 343) !

Dès leur parution, les *Mélanges* font l'objet de quelques comptes rendus et d'une analyse critique. Si Aimé Solignac (1967, p. 307) et Jean-Claude Mar-

20. Dans *Du monde de l'« à-peu-près » à l'univers de la précision* — encore et toujours ! —, Koyré (1948/1986[a], p. 349) avait cependant écrit : « Pythagore avait proclamé que le nombre est l'essence même des choses ; et la Bible avait enseigné que Dieu avait fondé le monde sur "le nombre, le poids, la mesure". Tout le monde l'a répété — mais personne ne l'a cru. Du moins, personne jusqu'à Galilée ne l'a pris au sérieux ». Ce propos confirme l'écart temporel, sur lequel nous reviendrons (cf. § 6.1), pouvant exister entre une prise de conscience (« Tout le monde l'a répété ») et sa mise en œuvre effective (« personne jusqu'à Galilée ne l'a pris au sérieux »).

21. Pour ne pas en rester, à ce propos, aux renvois traditionnels à ses *Études galiléennes* (Koyré, 1939/1966) ou à ses résumés de cours heureusement publiés dans *De la mystique à la science* (Koyré, 2016), nous signalerons un texte moins connu, mais tout aussi expressif : Koyré, 1934-1935, p. 489.

golin (1966, pp. 66-67) se contentent de résumer la contribution de Kojève, le Père François Russo (1965, p. 743), davantage versé dans l'étude des rapports entre discours scientifiques et discours religieux, tient à faire entendre clairement sa désapprobation : « étude [...] peut-être séduisante », commente-t-il, « mais qui, en dépit de la notoriété de son auteur, ne nous paraît aucunement correspondre à la réalité historique : l'auteur établit une dépendance de la science vis-à-vis de la notion d'Incarnation qui ne nous paraît aucunement justifiée ». Une petite vingtaine d'années plus tard, dans *Nature et méthode de l'histoire des sciences*, Russo (1983, pp. 170-172) aura l'opportunité de développer davantage son propos. Distinguant, dans la conviction d'une nature entièrement soumise à des lois susceptibles d'être étudiées par la science, la part qui revient au Dieu de l'Ancien Testament de celle, plus importante encore, qu'il convient d'attribuer au Dieu incarné, il jugera partiellement contestable cette conviction et « trop radicale » la thèse spécifique de Kojève.

Un an après la parution du compte rendu du P. Russo, en 1966 donc, deux articles publiés conjointement dans la revue *Sophia* sont spécifiquement consacrés au texte kojévien : l'un rédigé par Domenico D'Orsi (1930-2010), professeur d'histoire de la philosophie à l'Université de Catane et secrétaire de ladite revue, l'autre signé par Carmello Ottaviano (1906-1980), professeur du premier et fondateur de cette même revue. S'attachant à présenter en détail, en la « clarifiant », la « thèse intelligente » de Kojève, D'Orsi (1966, p. 275) la « renforce » en identifiant Platon comme l'une de ses principales sources d'inspiration et en la confirmant par un aspect de la doctrine aristotélicienne. Il en profite d'ailleurs pour renvoyer à la *Metafisica dell'essere parziale* (1955) de son maître Ottaviano qui, en 1955, avait déjà fait remarquer qu'à suivre la doctrine platonicienne, « un Newton ne serait jamais né » (cité dans D'Orsi, 1966, p. 280). Regrettant que la publication kojévienne soit passée « quasi sous silence » en Italie alors que ses arguments semblent « péremptoires », Ottaviano (1966, p. 282) commence par la récapituler plus librement en se focalisant — comme tous les commentateurs le feront — sur cette réhabilitation chrétienne de la matière dont l'importance, estime-t-il, n'a peut-être pas été assez soulignée dans le texte kojévien [cf. § 24]. Il lui reproche ensuite de ne pas avoir pris en compte cet autre concept théologique qu'est le « royaume de Dieu » alors qu'il est, lui aussi, de nature à confirmer cette réhabilitation. Adoptant un ton beaucoup plus incisif, il formule enfin deux objections. L'une tire parti du nombre important de scientifiques actuels qui sont matérialistes. L'autre n'est en réalité qu'une nouvelle formulation de celle énoncée par Kojève lui-même [cf. § 18], à savoir le fait que les aristotéliciens alliés à l'Église n'ont pas hésité à s'opposer à Galilée. Reprenant, mais en la précisant, la ré-

ponse kojévienne, il rétorque que l'incompatibilité de la thèse aristotélicienne de l'éternité de la matière avec la doctrine chrétienne de la Création démontre bien que ces aristotéliciens, loin d'incarner la pensée authentique de l'Église, personnifiaient au contraire ce vestige de paganisme qui, conformément à la thèse kojévienne, avait réussi à s'infiltrer en son sein.

Une dizaine d'années après ces deux publications, dont on retiendra seulement qu'elles ont fait connaître favorablement la thèse kojévienne en Italie, paraît le seul et unique article qui se soit explicitement et spécifiquement proposé d'établir l'incapacité de l'essai kojévien à résister à un examen quelque peu attentif (Goldman, 1975, p. 114). Publié par Steven Louis Goldman, alors professeur au Département de philosophie de la Pennsylvania State University, cet article privilégie un point de vue sociologique comme en témoigne son sous-titre : *Alexander Kojève on the Origin of Modern Science : Sociological Modelling Gone Awry*. Il sera largement connu et même approuvé par la plupart des commentateurs, seul Luigi Franco (1985, p. 149, n. 38) ayant explicitement émis de nettes réserves à son égard. En revanche, restera inaperçue la tentative de son auteur, menée sept ans plus tard (Goldman, 1982), d'identifier une autre caractéristique de la pensée chrétienne susceptible de rendre compte de la coïncidence chronologique et géographique signalée par Kojève. Grossièrement résumée, cette tentative consistait à prétendre que la pensée chrétienne accorde une portée ontologique aux illustrations, comme le fait également la science moderne, alors que tel n'est pas le cas dans les cultures juive, musulmane ou chinoise. Il est sans doute regrettable que Goldman, qui avait si bien commencé sa critique de la thèse kojévienne en s'attachant à relever ses hypothèses implicites, n'ait pas songé à faire de même pour celle qu'il entendait lui substituer[22] !

C'est entre les années 1980 et 1995 que la thèse kojévienne semble avoir été le plus souvent mentionnée, et ce par un panel d'auteurs plus diversifié que jamais. Abordant, avec prudence et bon sens, la question des origines de la science moderne dans *La nouvelle alliance* (1979), Ilya Prigogine et Isabelle Stengers (1979, p. 55) la mentionne brièvement, tout en manifestant aussitôt leur désintérêt pour toutes les tentatives visant à « "prouver" que la science moderne "devait" se développer en Europe ». L'année suivante, c'est Pierre Thuil-

22. Ne présuppose-t-il pas, en particulier, qu'il y aurait une épistémologie réaliste qui serait intrinsèquement associée à la pensée chrétienne ? Dans ce cas, comment comprendre le conflit, fruit d'une très longue histoire, entre la revendication réaliste exprimée par Galilée et le souhait de l'Église de voir ce dernier en rester, pour la tranquillité de tous, à une posture qui soit, au contraire, phénoménaliste ?

lier (1983, p. 85), dans *La Recherche*, qui estime que cette thèse séduisante a été, à juste titre, « critiquée très sévèrement » par Goldman. Reprochant à cette thèse d'être unifactorielle, Thuillier préfère d'ailleurs consacrer l'essentiel de son article à une autre publication, relative aux origines anglicanes de la science moderne (Jacob & Jacob, 1980), qui présente l'avantage d'être plus attentive à la diversité et à la complexité des situations.

Alors qu'entretemps avaient paru, en 1984 dans une revue secondaire, une traduction anglaise de *L'origine chrétienne de la science moderne* (Kojève, 1984) et, l'année suivante, *Le désenchantement du monde* de Marcel Gauchet, le physicien français d'origine roumaine Basarab Nicolescu publie, en 1988, un livre consacré au seul cordonnier théosophe connu de l'histoire. L'une des thèses principales de son livre est que « la réflexion chrétienne sur la Trinité, dont l'apogée est [...] la doctrine de Jakob Boehme, constitue le terreau qui a permis la naissance de la science moderne » (Nicolescu, 1988, p. 34). Sept ans plus tard, lors de la nouvelle édition de cet ouvrage, non seulement Nicolescu (1995, p. 40) tient compte, pour expliquer cette naissance, d'« un développement technologique important », mais il ajoute également le dogme de l'Incarnation à celui de la Trinité. En effet, peu de temps après la première édition de son livre, on lui avait fait découvrir la contribution kojévienne. Celle-ci lui avait apporté la satisfaction de s'apercevoir qu'il n'était pas le seul à défendre une telle thèse (Nicolescu, 1995, p. 129). Si, à cette époque, la « seule réserve » que ce physicien émettait à l'égard de la contribution kojévienne était « d'avoir trop mis l'accent sur le dogme de l'Incarnation » au détriment « d'autres approches ternaires » (Nicolescu, 1995, p. 129), il devait, une vingtaine d'années plus tard, en ajouter une seconde : celle d'avoir réduit la science moderne à la physique mathématique dont le rôle, certes important, n'est cependant pas exclusif (Nicolescu, 2014, p. 5).

Se demandant, en 1989, pourquoi les Grecs n'avaient pas inventé la physique mathématique, Michel Serres évacue rapidement l'explication faisant appel à la présence massive d'esclaves pour évoquer — avec le style qui est le sien et sans nommer son inventeur — celle recourant au dogme de l'Incarnation. S'il semble lui accorder une certaine crédibilité en faisant remarquer que « les conditions de type religieux ou métaphysique peuvent paraître plus décisives que les raisons économiques et sociales » (Serres, 1989, p. 98), c'est à une autre explication qu'il accorde toutefois sa préférence : les Anciens s'étant d'abord préoccupés des rapports humains avant de se soucier du monde naturel, c'est leur préoccupation de développer les sciences humaines qui a empêché l'apparition des sciences physiques. Publiée dans les *Éléments d'histoire des sciences*,

cette mention, inavouée, mais néanmoins bien reconnaissable, de la thèse kojévienne se retrouvera, à l'identique, dans *Les origines de la géométrie* (Serres, 1993, pp. 307-308). En 2001, dans *Hominescence*, c'est à partir de l'affirmation galiléenne d'une nature écrite en langue mathématique que Serres (2001, p. 75) reprend, toujours à sa façon, cette même thèse qui lui permet de discerner « trois traditions aux racines de l'Occident » : « la déchirure grecque », « l'alliance juive » et « l'incarnation chrétienne ». Constatant que la vie elle-même s'écrit désormais en langage algorithmique, il croit pouvoir discerner un passage de l'incarnation à la carnation, ce qui lui offre enfin l'opportunité de nommer Kojève (Serres, 2001, p. 79). Dans *Rameaux* (2007) enfin, le nom de celui-ci apparaît une nouvelle fois et Serres (2007, pp. 41-42) donne explicitement son assentiment à ce qu'il croit être sa thèse.

Plus que dans les écrits que nous venons d'évoquer, c'est probablement dans *L'Église et la science : histoire d'un malentendu* de Georges Minois (1991, p. 23), paru juste après les *Éléments d'histoire des sciences* de Serres, que nombre de chercheurs ont pu découvrir brièvement la « thèse originale » de Kojève ou plutôt les raisons pour lesquelles l'auteur de cette histoire entendait la rejeter. Se référant à Goldman, Minois (2000, p. 121) juge en effet « excessive » cette thèse largement utilisée par « tout un courant néo-apologétique ». Il préfère penser que si la science moderne est venue « au monde dans l'Europe chrétienne, c'est parce que la technique et les mathématiques y étaient plus avancées qu'ailleurs », suite, essentiellement, « aux progrès économiques » (Minois, 1990, p. 413).

Durant cette période particulièrement riche du point de vue de la réception de la thèse kojévienne, les années 1991 et 1993 se démarquent par deux publications qui viennent accroître son audience : la première en la faisant connaître dans les milieux de la psychanalyse (principalement lacanienne), la seconde dans ceux de la littérature secondaire médiévale.

Étudiant la théorie de la science de Jacques Lacan dans son article *Lacan et la science moderne*, Jean-Claude Milner (1991[b], pp. 336-337), professeur français de linguistique, fait en effet référence à ce qu'il nomme le « théorème de Kojève » — la coupure entre le monde antique et l'univers moderne tient au christianisme — et à celui de Koyré — la coupure entre l'épistémè antique et la science moderne réside dans une physique désormais mathématisée —, pour faire ressortir, en comparaison, l'un des lemmes de Lacan (1986, p. 147)[23] — la science moderne s'est constituée par ce qu'il y a de juif dans le christianisme.

23. On notera la date de cette leçon : le 27 janvier 1960.

Prenant acte que le dogme de l'Incarnation constitue une coupure épistémologique majeure rendant nécessaire la disponibilité d'un critère discriminant, il en propose un, la même année, dans *Lacan and the Ideal of Science* : « il n'y a jamais aucune synonymie entre une notion appartenant à l'Antiquité et une notion moderne » (Milner, 1991[a], p. 28). Ces deux publications, comme on le pressent à partir de cette pâle évocation, ont particulièrement contribué à faire connaître la thèse kojévienne dans les milieux psychanalytiques avant que l'ouvrage du même auteur publié en 1995, à savoir *L'œuvre claire : Lacan, la science, la philosophie*, n'augmente encore sa diffusion. En témoigne sans doute, bien que ce soit dans une tout autre perspective, les références à Kojève qui figurent dans *La psychanalyse et le religieux* de Philippe Julien (2008, pp. 24-29)[24].

Deux ans après la première publication de Milner, en 1993 donc, Alexandre Leupin, professeur au Département d'études françaises de l'Université d'état de Louisiane, publie sa monographie *Fiction et Incarnation* qui, dix ans plus tard, sera traduite en anglais (Leupin, 2003). Jugeant « irréfutable » la démonstration kojévienne, il se propose de vérifier l'importance de la coupure épistémologique chrétienne qu'elle a mise au jour en examinant si ses conséquences, déjà attestées en histoire des sciences, se sont également manifestées en littérature, comme elles ont d'ailleurs dû le faire dans d'autres domaines comme l'art, la philosophie ou encore la linguistique (Leupin, 1993, pp. 12-13). Utilisant le « théorème de Kojève » comme critère de discrimination entre les cultures littéraires païenne et chrétienne, Leupin (1993, p. 18) entend démontrer, par cette enquête, « que le Moyen Âge, en tant qu'il s'efforça de tirer les conséquences de l'Incarnation, est bien le lieu de naissance de notre propre modernité dans le domaine de la littérature aussi bien que de la science ». Regrettant de n'avoir pas expliqué les dix-sept siècles de « ruminement » sur le dogme de l'Incarnation qui ont été nécessaires avant l'émergence de la science moderne — soit l'objection encore et toujours déjà formulée par Kojève lui-même [cf. § 17] —, il revient sur cette question, sept ans plus tard, dans *La passion des idoles* (Leupin, 2000, pp. 68-71).

Après les nouveaux horizons ouverts par Milner et Leupin, les mentions de la thèse kojévienne qui sont le fait de nouveaux auteurs semblent, désor-

24. On fera remarquer que focalisé sur la désacralisation du monde, cet auteur, tout en se référant à Kojève, a — consciemment ? — inversé son propos : « Le ciel n'est pas sacré, mais mathématisable comme la terre elle-même » (p. 26) au lieu de : « La terre est aussi sacrée que le ciel et donc mathématisable comme lui ». Pourrait-on voir, dans cette inversion, le résultat de la confusion entraînée par les assimilations opposées que présupposent, d'une part, la désacralisation et, d'autre part, la mathématisation du monde ?

mais, plus espacées. À partir de 2003, Jean-Michel Maldamé (2003, p. 83 ; 2014, p. 227 et p. 294, n. 20) fait favorablement allusion à cette thèse dans deux de ses livres, avant de renouveler plus explicitement son accord, dans un article plus récent (2017), moyennant une précision (ou une redéfinition ?) de ce que l'illustre commentateur hégélien aurait entendu par le terme « incarnation »[25]. En 2010, c'est Bertrand Souchard (2010, pp. 200-201 ; 2011) qui utilise prudemment ladite thèse au sein d'un chapitre remarquable, aussi synthétique que pédagogique, intitulé « Pourquoi la science émerge-t-elle dans l'Occident judéo-chrétien ? ». Quatre ans plus tard, François Euvé (2014) publie *Le christianisme à l'origine de la science moderne* dans *La Recherche*. En soutenant la même année, dans *Sciences et religions monothéistes : l'inévitable conflit*, que la science moderne descend, purement et simplement, de la science grecque, le polytechnicien Jean-Pierre Castel (2014 ; 2018) entame une croisade énergique, dont la contribution kojévienne fera notamment les frais, contre la thèse selon laquelle la science moderne ne pouvait naître que dans le cadre d'une pensée monothéiste. Quelques années plus tard (2018), dans un article répondant davantage aux exigences d'un débat académique, il propose notamment une classification intéressante, mais pas toujours justifiée, des auteurs s'étant prononcés sur ces questions en les répartissant en trois catégories : « Cartésiens », « Kojéviens » et « Galiléens » (Castel, 2018, pp. 75-76).

* * *

Au terme de ce parcours représentatif à défaut de pouvoir prétendre à l'exhaustivité[26], deux remarques générales s'imposent. Premièrement, les postures d'acceptation ou de refus de la thèse kojévienne dont nous avons fait état ne semblent pas avoir été prioritairement déterminées par les convictions religieuses des intéressés. Deuxièmement, les commentateurs semblent s'être concentrés, aussi bien au niveau de leurs résumés que de leurs objections, sur cette revalorisation de la matière sublunaire dont l'importance intrinsèque n'est guère manifestée par le peu d'attention que lui prête le raisonnement kojévien. Corrélativement, ils ont eu tendance à négliger tout ce qui, dans ce raisonnement, avait trait à la cosmologie, dont notamment le rôle accordé à la révolution copernicienne, bien que ces sujets bénéficient, dans le texte kojévien,

25. Il y voit l'attribution d'une valeur décisive à l'être humain (Maldamé, 2017, pp. 138-139).
26. Nous n'avons pas cru devoir retenir un certain nombre de publications faisant allusion à la thèse kojévienne comme celle de Bernard Valade (1983) ou encore celle de Richard H. Jones (2011) — dont Castel (2014, p. 12, p. 24 n. 80, et pp. 172-173) semble pourtant faire grand cas — qui attribue à Koyré la contribution écrite… par Kojève (Jones, 2011, p. 43) !

d'un développement bien plus considérable. Significative, cette inattention nous amène à nous interroger : opérée certes par le dogme de l'Incarnation, mais également — bien que Kojève ne prenne pas garde de le signaler — par la théologie de la Création (Souchard, 2010, p. 198), la revalorisation (judéo-) chrétienne du monde — et du nôtre en particulier —, y compris dans sa matérialité — que nous devons, nous aussi, assumer —, n'est-elle pas suffisamment avérée sans qu'il faille faire appel à Copernic ? N'est-ce pas assez artificiellement que le raisonnement kojévien lui ajoute ce que tous les commentateurs semblent s'empresser d'oublier — peut-être parce qu'ils en devinent le caractère problématique —, à savoir cette projection copernicienne de la Terre dans le monde céleste ? Sans ignorer que se priver de cette projection c'eut été également se priver de l'événement factuel destiné à expliquer pourquoi les effets du dogme de l'Incarnation se seraient particulièrement fait ressentir au XVIe siècle, cette inattention nous semble signaler une faiblesse que nous nous proposons d'ailleurs de bientôt confirmer (cf. § 7).

5. Objections de St. L. Goldman

Synthétisons, développons et commentons les principales objections que nous avons pu rencontrer dans les différentes publications évoquées lors de ce parcours[27]. Nous procéderons en trois étapes. Dans un premier temps, nous nous contenterons de rappeler, pour mémoire, les objections énoncées par Goldman. Incontournables, elles doivent être prises en considération lors de toute évaluation ou mise à jour de l'argument kojévien. Ces objections étant dès lors mises à part, beaucoup de celles que nous avons rencontrées sont communes à l'argument de la désacralisation et à celui de l'Incarnation. Aussi, dans un deuxième temps, nous analyserons celles qui sont communes à ces deux arguments avant, dans un troisième temps, de largement développer la seule objection, en soi générale, qui ait été spécifiquement adressée à la thèse kojévienne. Nous terminerons alors cette étude en faisant nous-même état de quelques difficultés relatives à la partie la plus négligée de la contribution kojévienne, à savoir sa partie cosmologique.

* * *

27. Précisons que nous ne ferons pas état des critiques formulées à l'égard du nombre important de créateurs de la science moderne qui furent, ou non, de fervents chrétiens : caractéristique du XIXe siècle, cette stratégie de dénombrement des forces en présence est trop ancienne, trop connue, et trop rudimentaire pour mériter de retenir notre attention.

Goldman (1975) commence par remettre en question trois hypothèses implicites dont l'acceptation est présupposée par le raisonnement kojévien.

1. — Contre la supposition selon laquelle il est nécessaire d'avoir une conception mathématique de la nature pour que puisse être concrètement mise en œuvre une physique mathématique, cet auteur souligne, exemples historiques à l'appui, que loin d'être compatible avec une seule conception de la nature, le développement effectif d'une physique mathématique s'accommode fort bien de diverses interprétations quant à l'éventuelle portée métaphysique d'une telle approche mathématique. Un tel développement s'accommode même de l'interprétation consistant à soutenir que cette mathématisation, purement phénoménale, ne nous dit absolument rien à propos de la structure intime de la réalité.

2. — Concernant le présupposé selon lequel l'attribution, suite au dogme de l'Incarnation, d'une certaine perfection *qualitative* au monde naturel ou, du moins, sublunaire conduit à concevoir celui-ci comme jouissant également d'une précision *quantitative*, il constate qu'une telle déduction a été historiquement faite, sans qu'il puisse toutefois en percevoir la nécessité logique. Faisons remarquer que nous aurions ici une illustration supplémentaire de l'objection, que nous énoncerons dans un instant (cf. § 6.1), selon laquelle il est extrêmement périlleux d'assimiler, que ce soit dans un sens ou dans l'autre, ce qui relève de la constatation historique et ce qui ressort de la déduction logique.

3. — Contre l'hypothèse selon laquelle le dogme de l'Incarnation implique, en lui-même, cette perfection du monde sublunaire qui est présentée comme la condition de sa mathématisation, Goldman, adoptant une approche essentiellement historico-sociologique et insuffisamment théologique, souligne la foncière ambivalence à laquelle conduit la diversité des interprétations permises en la matière. Aussi insuffisante soit-elle, son objection met en évidence la nécessité de prendre en compte l'évolution des interprétations qui, au fil du temps, furent faites du dogme de l'Incarnation.

Goldman poursuit en contestant trois affirmations historiques présentes dans le raisonnement kojévien.

1. — Contre le propos soutenant qu'une physique mathématique n'a pu être trouvée ni avant le XVIe siècle ni en dehors de l'Europe chrétienne, il avance les exemples du pythagorisme, du *Timée*, de l'hermétisme et de maints médiévaux. Soulignons à cette occasion que Jean-Pierre Castel (2018, pp. 54-55) viendra renforcer cette contestation en affirmant que l'interdit de la mathématisation du monde sublunaire avait été levé dès l'époque hellénistique. Aus-

si, poursuit-il, ceux qui veulent continuer à caractériser la science moderne en faisant appel à la mathématisation de la physique doivent dorénavant s'attacher à préciser en quoi celle pratiquée par les Modernes se différencie réellement de celle des Anciens. En conséquence, ce qui rendit possible ce que n'avait pas su réaliser la science hellénistique, en l'occurrence la mathématisation de la dynamique, n'est donc pas, selon lui, la pseudodécouverte de la mathématisabilité de la nature, mais bien celle de nouveaux principes physiques, dont le principe d'inertie.

2. — Contre la déclaration selon laquelle les anciens Grecs et les Hébreux auraient jugé folle et scandaleuse l'idée que des relations mathématiques ou du moins mathématisables puissent sous-tendre les phénomènes naturels, Goldman évoque l'exemple des pythagoriciens et des platoniciens qui ont pu concevoir la mathématisabilité du monde naturel sans pour autant faire l'objet de tels jugements. Faisons remarquer que cette objection est insatisfaisante : ignorant la dichotomie entre monde sublunaire et monde céleste, elle traite globalement de la mathématisabilité du monde naturel dans son ensemble alors que la thèse kojévienne incorpore également celle du seul monde sublunaire. Concernant les Juifs, Goldman souligne, en guise de contre-exemple, leur incapacité à proposer une physique mathématique en dépit de leur croyance en la bonté et en la légalité de la nature.

3. — Enfin, l'affirmation selon laquelle Copernic fut le premier à gommer la dichotomie entre monde terrestre et monde céleste et à rendre ainsi possible l'universalité de l'approche mathématique du monde est contestée principalement au nom de l'astrologie et de l'hermétisme.

6. Autres objections constatées

Après avoir pris acte des objections spécifiquement énoncées par Goldman, tournons-nous vers celles rencontrées dans le reste de notre parcours.

6.1. Objections communes

Que ce soit à l'encontre du dogme de l'Incarnation, de la désacralisation du monde (par ex. Castel, 2014, p. 35) ou encore de l'origine chrétienne de la physique cartésienne[28], l'objection la plus fréquemment formulée est tout

28. L. Laberthonnière (1935, p. 317, pp. 319-320 et p. 327) devançait lui-même cette objection en répondant que la distance chronologique qui pouvait séparer des événements n'empêchait pas leur proximité logique.

simplement celle qui avait déjà été anticipée par Kojève : l'existence d'un écart historiquement important séparant la prétendue cause de son soi-disant effet. Si la science moderne est effectivement liée au dogme de l'Incarnation, comment admettre qu'elle ne se soit développée qu'à partir du XVIe siècle ? Et si elle est unie à la reconnaissance de la légalité de la nature qui résulte de sa désacralisation, comment comprendre que ce n'est qu'au XVIIe siècle que l'affirmation de cette légalité, cessant d'être une assertion générale, soit devenue une des raisons principales du développement scientifique ? Qu'il s'agisse de la mathématisabilité de la nature ou de sa légalité, ce qui est donc ici signalé comme problématique c'est l'importance de l'écart temporel pouvant exister non seulement entre une prise de conscience et sa mise en œuvre concrète, mais également entre cette prise de conscience et l'événement initial censé la produire ! Si le P. Russo (1983, pp. 170-172) prétendait erronément que ce décalage déconcertant était resté inexpliqué, Minois (1990, p. 413) jugeait insatisfaisante l'explication avancée par Kojève. Chacun à leur manière, Leupin et Souchard se sont toutefois attachés à prendre la défense de celle-ci. Le premier a rappelé que le dogme de l'Incarnation n'était pas le seul à avoir nécessité une maturation assez longue avant que ne soit entièrement compris ce que, d'emblée, il affirmait : il en fut de même pour d'autres concepts, comme ceux de monothéisme et de Création (Leupin, 2000, pp. 68-73). Le second a fait valoir, de façon convaincante, que la reconnaissance d'un tel écart temporel n'était aucunement problématique pour une religion, tel le christianisme, qui avait intégré l'histoire au point d'en faire une théologie ; que cet écart pouvait même devenir un avantage en forçant l'ouverture à l'autre et qu'il ne suffisait pas, en tant que tel, à annuler la filiation revendiquée (Souchard, 2010, pp. 203-205 ; Gauchet, 1985, p. 58).

* * *

Une autre objection fréquente, plus ou moins formulée explicitement et elle aussi déjà émise à l'encontre de l'argument de la désacralisation, consiste à faire remarquer que le dogme de l'Incarnation ne saurait constituer la cause nécessaire et suffisante de l'émergence de la science moderne, dès lors que l'explication d'un phénomène aussi complexe nécessite obligatoirement la prise en compte de facteurs multiples et variés. Au premier rang de ces facteurs, le P. Russo (1983, pp. 170-172) mentionnait la science grecque et surtout sa rationalité, tout en convenant que le christianisme avait certainement été une condition nécessaire (mais donc non suffisante) à l'émergence de la science moderne. Dans la même lignée, mais concernant plus spécifiquement notre thématique, Castel faisait remarquer que « si les Grecs avaient commencé par

mathématiser “la mécanique céleste”, ce n’est pas seulement parce que le monde “supralunaire” était plus divin que le monde “sublunaire”, mais parce qu’il paraissait moins compliqué » à traiter (Castel, 2018, p. 57). Qu’il s’agisse de facteurs historiques, géographiques, économiques, politiques, religieux ou même démographiques (Castel, 2018, p. 77), l’insuffisance de la thèse kojévienne et la nécessité de recourir à une explication multifactorielle semblent aujourd’hui largement partagées, y compris par des auteurs catholiques (par ex. Euvé, 2014, p. 51). Ajoutons encore que si Thuillier (1980, pp. 86-87) et Minois (1991, p. 23) ont parfaitement raison de souligner qu’une insistance excessive sur les facteurs religieux est nuisible à une juste compréhension de l’histoire, Souchard (2010, p. 214) n’a pas moins raison de faire remarquer que leur oubli l’est tout autant.

* * *

Identifier, en vue d’une explication multifactorielle, les différents facteurs n’est pas encore suffisant : il faut encore, d’une part, établir lesquels sont nécessaires, suffisants, voire même nécessaires et suffisants et, d’autre part, déterminer quelle est la nature des liens qui les unissent, soit autant de questions qui, pratiquement, s’avèrent la plupart du temps insolubles. Aussi, désireux de ne pas avoir à déterminer qui fut cause et qui fut effet, Prigogine et Stengers (1979, p. 54 et p. 57) préféraient évoquer l’existence d’une « résonance » ou d’une « amplification mutuelle » entre un discours théologique et un discours scientifique, à moins qu’il ne s’agisse d’une « convergence » entre les intérêts de l’un et de l’autre.

* * *

Parlant de sa thèse, Kojève (1964, p. 303) avait écrit : « s’il en est vraiment ainsi, l’histoire ou la chrono-logie [sic] concorde parfaitement avec la “logique” ». Tel est précisément ce qui, n’allant nullement de soi, doit être vérifié : que ce récit logique est bel et bien conforme à Clio. En historien avisé sachant pertinemment bien que l’histoire, frappée du sceau de la complexité, marche rarement au même pas que la logique, autrement dit que le temps de la logique n’est pas celui de l’histoire, le P. Russo (1983, pp. 170-172) se plaisait à donner un exemple de cette vérité : si la pensée chrétienne avait parfaitement déduit, de sa théologie de la Création, la nécessaire autonomie du monde naturel, elle avait cependant tardé, « jusqu’au Concile Vatican II » précisait-il, à reconnaître pleinement cette autonomie. Ce faisant, il rappelait que les conséquences qui paraissent logiquement s’imposer prennent, parfois, des siècles avant d’être pleinement reconnues et que lorsqu’elles le sont, leur

application effective peut encore connaître des exceptions liées à « des raisons plus ou moins contingentes ». Si, dans l'esprit du P. Russo, ce propos était destiné à *relativiser* la portée d'une thèse comme celle de Kojève en soulignant que la distance peut être grande entre l'idée et sa concrétisation, faisons remarquer que ce même propos peut tout aussi bien contribuer à la *renforcer*, en permettant précisément de justifier l'écart temporel dont il a déjà été abondamment question.

6.2. Objection spécifique

Abordons maintenant la seule objection constatée qui, adressée spécifiquement à la thèse kojévienne, puisse être ajoutée à la liste de Goldman. Énoncée en quelques mots par le P. Russo, elle n'en est pas moins la plus générale que l'on puisse formuler, puisqu'elle consiste à soutenir que la thèse avancée, aussi brillante et aussi suggestive soit-elle, n'est pas historiquement justifiée. Bien qu'elle puisse ne pas être toujours aussi décisive qu'on pourrait le croire de prime abord — nous le ferons remarquer —, nous nous proposons de la développer, car elle s'impose avec force.

* * *

Du point de vue de sa justification historique, la question principale posée par la thèse kojévienne nous semble identique à celle que soulevait naguère l'interprétation duhémienne des condamnations d'Étienne Tempier de 1277. Parce qu'elles obligeaient les philosophes de la nature à rejeter la physique aristotélicienne et à concevoir une nouvelle physique, ces condamnations, soutenait dans un premier temps le savant bordelais (Duhem, 1909, p. 412), méritent d'incarner la date de naissance de la science moderne. La question, largement débattue par les spécialistes, fut de savoir si les potentialités ouvertes par ces condamnations s'étaient véritablement actualisées. Autrement dit, s'il s'était vraiment trouvé des savants pour s'efforcer d'imaginer, suite à ces condamnations, une autre théorie du lieu et du mouvement et si cette autre théorie les avait réellement mis sur la voie de la science moderne. Au terme d'un débat animé, il sembla finalement que ce possible était largement resté à l'état de virtualité. La même interrogation se pose à l'égard de la thèse kojévienne : même en admettant que le dogme de l'Incarnation puisse porter en lui de quoi ouvrir un espace de liberté permettant de penser ce qui était jusque-là impensable, il convient encore, pour passer d'un raisonnement logique à une vérité historique, de démontrer qu'il en fut bien ainsi. Et pour cela, il faut des textes ! Or, à notre connaissance du moins, ni Kojève ni ceux qui sont tentés de souscrire à

sa thèse n'ont jusqu'ici été en mesure de produire le moindre texte faisant état — que ce soit pour l'endosser ou pour le récuser — d'un lien — même exprimé confusément — entre dogme de l'Incarnation et mathématisabilité du monde sublunaire[29]. Circonstance aggravante, des textes n'hésitant pas, dans le cadre d'une problématique cosmologique, à faire référence à l'Incarnation existent bel et bien. Donnons quelques exemples. Aux XVIe et XVIIe siècles, l'incapacité du système copernicien à respecter littéralement l'affirmation biblique d'une descente (Incarnation) suivie d'une remontée (Ascension) du Christ est explicitement abordée par Foscarini, Lipstorp, ou encore Pardies[30]. De même, condamnée au XVIIe siècle au nom de l'unicité de l'Incarnation (chez Gassendi), l'hypothèse de la pluralité des mondes habités par des êtres rationnels est au contraire utilisée, au XIXe siècle, pour souligner le caractère paradoxal de l'Incarnation et interroger l'affirmation de son unicité (chez C. Flammarion, Th. Ortolan, ou encore W. Whewell) (Stoffel, 2012, pp. 104-107). Par conséquent, puisque de tels textes existent à propos d'*autres* thématiques liées à l'Incarnation, il n'y a aucune raison de supposer qu'il en aille autrement pour celle qui nous occupe actuellement, de sorte que nous sommes en droit de formuler notre requête : donnez-nous des textes !

Après avoir ainsi dénoncé l'inexistence actuelle de preuves textuelles en faveur ou même en défaveur de la thèse kojévienne, il convient, comme annoncé, de faire état d'un contre-argument potentiellement susceptible de venir tempérer la gravité d'une telle absence. Il nous importe d'autant plus de faire preuve d'honnêteté intellectuelle en le mentionnant que nous l'avons nous-même déjà sollicité à notre avantage (Stoffel, 2018b, pp. 172-173). N'y a-t-il pas, aux fondements d'une conception du monde propre à une époque, des convictions structurantes dont la prodigieuse profondeur rend précisément difficile leur pleine émergence au niveau d'une discussion consciente et rationnelle ? N'est-ce pas au fond très koyréen de reconnaître et d'affirmer l'existence de telles substructures ? En soutenant que celles-ci ne se donnent guère à voir explici-

29. Quant au thème connexe de la *réhabilitation* du monde sublunaire opérée par l'Incarnation — lequel fait partie intégrante du raisonnement kojévien [cf. § 24] —, nous mentionnerons, pour notre part, l'extrait suivant du théologien protestant allemand Martin Borrhaus (1499-1564) : le « Dieu créateur [...] a voulu que tout ce qui est contenu dans toute la circonférence immense et sans bornes de ce monde soit consacré par le Messie, Seigneur du ciel et de la terre » (Mayaud, 2005, vol. 3, p. 102 et vol. 4, p. 141, n. 10).

30. Nous nous basons essentiellement sur l'imposant recueil de textes rassemblés par P.-N. Mayaud (2005) sous le titre *Le conflit entre l'astronomie nouvelle et l'Écriture sainte aux XVIe et XVIIe siècles*. En effet, il est peu vraisemblable que ce chercheur ait pu négliger, s'il en avait rencontré, des textes établissant, sous quelque forme que ce soit, un lien entre l'Incarnation et les thématiques qui nous occupent.

tement dans des textes et qu'il faut au contraire tout le talent de l'historien pour les faire émerger par des voies détournées, nous n'entendons cependant pas affirmer que tel est précisément le cas des affirmations kojéviennes dont il est ici question.

* * *

Sauf à devoir reconnaître que la thèse kojévienne relève seulement d'une brillante reconstruction logique dépourvue de toute justification historique permettant éventuellement de mieux comprendre rétrospectivement notre histoire, il incombe donc aux partisans de cette thèse soit de nous fournir des preuves textuelles explicites, soit de nous expliquer pourquoi ils n'en trouvent pas ou même pourquoi ils ne peuvent pas en trouver.

7. Objections supplémentaires

Après avoir formalisé et souvent développé les critiques que notre étude de la réception de la thèse kojévienne nous a permis de recenser, risquons-nous à formuler quelques objections supplémentaires. Au préalable, il convient de clarifier et de brièvement reformuler ce qui constitue le cœur du raisonnement kojévien [cf. § 25].

De le clarifier tout d'abord, car non content de tirer parti de l'ambiguïté du terme « ciel »[31], Kojève ne conserve pas, tout au long de son raisonnement, la même définition de ce qu'il entend par « monde profane » et « monde divin ». Désireux d'attribuer la plus grande portée à sa thèse, il s'accorde le droit, au début de son texte [cf. § 12], d'entendre par « monde profane » des réalités différentes : aussi bien les mondes sublunaire que céleste dans certains cas (*i.e.* la philosophie platonicienne), le seul monde sublunaire dans d'autres (*i.e.* la philosophie aristotélicienne). Rapidement, toutefois, Kojève en vient à poursuivre son argumentation en n'admettant plus que la seule définition aristotélicienne, à savoir l'identification du monde profane avec le monde sublunaire et du monde divin avec le monde céleste. On comprend pourquoi : sans une telle restriction, la projection copernicienne de la Terre dans le monde céleste aurait été incapable de produire l'effet escompté, puisqu'elle aurait échoué

31. En témoigne notamment son propos relatif à Copernic « faisant suivre dans le Ciel » — écrit avec la majuscule ! — « le corps du Christ ressuscité par l'ensemble du monde terrestre » [cf. § 30]. Pour notre part, nous utilisons toujours les expressions « monde céleste » ou « monde supralunaire » qui ne se prêtent pas à de telles ambiguïtés.

à faire sortir notre globe du monde profane, puisque celui-ci se serait étendu jusqu'au monde céleste.

De le reformuler ensuite, afin de le ramener à l'essentiel. En raison de la différentiation qualitative établie par les païens entre un monde sublunaire dévalorisé et un monde céleste divinisé, il est inimaginable que le premier puisse posséder les mêmes caractéristiques que le second. Or, l'une de ces caractéristiques est la mathématisabilité dès lors que celle-ci est naturellement associée à cette perfection et à cette immuabilité qui établissent la divinité du monde céleste. C'est en raison de cette différenciation qualitative que le monde céleste est accessible à l'astronomie mathématique alors que le développement d'une physique mathématique au sein du monde sublunaire paraît aussi impossible qu'impensable. Pour qu'il puisse en aller autrement, il fallait non pas que ces deux mondes soient simplement réunifiés, mais bien que le monde sublunaire, se haussant au même niveau qualitatif que le monde céleste, soit rendu parfait comme lui[32]. La mathématisabilité du second pouvait alors « descendre » sur le premier ou plutôt, puisque ces deux mondes se trouveraient dorénavant au même niveau, se communiquer à lui. Toute exception à la mathématisabilité universelle du monde ayant alors disparue, la science moderne pouvait désormais être effective.

Ainsi ramené à l'essentiel, le raisonnement kojévien laisse mieux transparaître les deux conditions qui doivent nécessairement être remplies par chacune des deux situations considérées : à l'époque du paganisme, 1°) une nécessaire dévalorisation du monde terrestre et 2°) une tout aussi indispensable divinisation du monde céleste afin de pouvoir rendre compte de l'absence, dans le premier cas, et de la présence, dans le second, de la caractéristique convoitée ; à l'époque où le dogme de l'Incarnation a (enfin) réellement produit ses effets, 3°) un ajustement de la valeur qualitative du monde sublunaire à celle du monde céleste, étant bien entendu 4°) que ce dernier doit avoir conservé la valeur qui était la sienne dans le paganisme pour pouvoir en faire profiter la partie du monde qui en était dépourvue.

Les trois dernières de ces conditions s'avèrent, au minimum, problématiques lorsqu'on se réfère à la réalité historique. De très bons travaux d'historiens de la cosmologie fournissant tout le matériel argumentatif nécessaire, nous pourrons nous contenter de le montrer sans devoir le démontrer. Nous prêterons

32. Ce n'est certainement pas un hasard si l'article de Kojève porte, en épigraphe, cette forte proclamation du Cusain : « *Terra est stella nobilis* » (Nicolas de Cuse, 1440/2010, p. 215).

toutefois une attention particulière à la remise en question de la première de ces trois conditions : ce sera l'occasion de comprendre le silence étourdissant de Kojève à l'égard de la désacralisation chrétienne du monde et, corrélativement, son insistance sur ce paganisme maintenu, comme par inadvertance, au cœur de la conception chrétienne du monde.

* * *

On s'étonne en effet de ne trouver, dans la contribution kojévienne, aucune allusion à cet autre célèbre argument en faveur d'une influence bénéfique de la religion sur la science qu'est la désacralisation du monde naturel opérée non seulement par le monothéisme judéo-chrétien — en lui-même insuffisant ! —, mais encore par la conception d'un Dieu créateur et donc transcendant par rapport à la totalité de ce qui est (Gauchet, 1985, pp. 53-64 et p. 93). Absence d'autant plus troublante qu'il semblerait, de prime abord, que l'argument de la désacralisation et celui de l'Incarnation soient complémentaires : après que le premier ait manifesté la stricte obéissance de l'entièreté du monde sensible à des lois, le second serait venu préciser la nature universellement mathématique de ces lois. Nul conflit donc, mais bien deux contributions successives à une prise de conscience de plus en plus précise de la manière dont le monde naturel peut, et même doit, être envisagé par la démarche scientifique. Pourtant difficulté il y a — comme nous l'avons déjà souligné (cf. § 3.2) —, puisque le premier argument vise précisément à supprimer cette caractéristique du monde céleste, à savoir sa divinité, dont le maintien est à l'inverse requis par le second. Comment, autrement dit, combiner la désacralisation du monde sensible, liée à sa Création, et l'élévation de sa dignité, associée à l'Incarnation ? Faisant mine de ne pas s'apercevoir de cette difficulté, Kojève pose au cœur même de son raisonnement [cf. § 25] l'acceptation simultanée de deux prémisses d'origine différente — l'une grecque : la divinité des corps célestes ; l'autre chrétienne : la possibilité qu'un même corps soit en même temps humain et divin — sans prendre la peine de s'enquérir de la compatibilité des visions du monde qui leur sont associées. Or, sauf à oublier — comme s'empresse de le faire Kojève — cette désacralisation du monde céleste qui fait partie intégrante de sa conception du monde, le chrétien ne peut se rallier à la première de ces prémisses. En effet, comme l'a bien montré Rémi Brague (2002), la vision chrétienne du monde qui s'établit au moyen âge résulte d'une fusion entre le modèle Timéen et le modèle abrahamique, fusion au terme de laquelle s'est notamment opéré un nivellement ontologique entre monde sublunaire et monde céleste : le second s'est qualitativement éloigné du monde transcendant pour se rapprocher du premier. Or, ce réajustement éloigne précisément le chrétien de la prémisse

grecque qu'il est censé accepter : loin de confirmer la divinité des corps célestes, il rapproche en effet les mondes sublunaire et céleste pour les mettre tous les deux à part du monde divin. Face à cette difficulté, Kojève semble contraint de développer une double stratégie. Premièrement, passer sous silence cette désacralisation bien qu'elle constitue un argument fréquemment avancé, comme nous avons d'ailleurs pu nous en rendre compte lors de cette étude. Deuxièmement, maintenir, en dépit de cette désacralisation, cette divinité du monde céleste — dont il a besoin — en la considérant comme la survivance, au cœur de la pensée chrétienne, d'un reliquat de paganisme.

* * *

La deuxième de ces trois conditions, à savoir un ajustement, grâce au dogme de l'Incarnation, de la valeur qualitative du monde sublunaire à celle du monde céleste, n'est pas moins problématique. Sans même évoquer l'Incarnation, mais a fortiori en le faisant, il convient en effet de rappeler que, dans la pensée chrétienne (en l'occurrence précopernicienne), l'homme — en dépit de sa position cosmique effectivement basse plus que centrale [cf. § 28] — est jugé plus important que ce monde céleste dont l'état de mouvement témoigne qu'il est mis au service de l'homme. Par conséquent, Kojève a raison et tort à la fois : raison, car le dogme de l'Incarnation a effectivement rehaussé encore davantage non seulement la valeur de l'homme, mais également celle de son environnement quotidien ; tort, car ce dogme l'a tellement rehaussée — et la religion chrétienne a tellement rabaissé le monde céleste — qu'il semble difficile de concevoir non pas que le second puisse faire bénéficier le premier d'un certain nombre d'avantages nécessaires à son développement, mais bien qu'il puisse lui transmettre une caractéristique — en l'occurrence la mathématisabilité — présentée comme intimement associée à sa soi-disant divinité. Pour le dire d'un trait — et comme les textes l'établissent[33] ! —, suite à l'Incarnation, la Terre, en tant qu'habitacle de l'homme, n'est pas projetée *dans* les cieux (*i.e.* le monde céleste), mais davantage établie *au-dessus* des cieux.

* * *

La dernière condition n'est guère moins embarrassante que les deux précédentes. Le raisonnement kojévien suppose que le monde céleste soit resté divin jusqu'à l'émergence de la science moderne afin que la Terre, suite à son

33. Cf., à titre d'exemple, le texte de Bérulle proclamant que « depuis que Dieu s'est incarné en Terre [...], le ciel n'est plus par-dessus la terre, mais une terre est par-dessus tous les cieux » (Mayaud, 2005, vol. 3, p. 605).

déplacement copernicien, puisse hériter de cet attribut du monde céleste qu'est la mathématisabilité. Or, s'il s'avère, logiquement, que la projection de la Terre dans les cieux s'assimile effectivement à une promotion, il convient de constater, historiquement, que c'est le monde céleste qui s'est assimilé aux caractéristiques de génération et de corruption de la Terre bien plus que celle-ci ne s'est identifiée aux spécificités qui étaient celles du monde céleste[34]. Par cette projection des fluctuations de notre monde dans un monde céleste assimilé au ciel des idées mathématiques [cf. § 31], c'est donc ce dernier qui, en réalité, a perdu si pas sa mathématisabilité, du moins les caractéristiques privilégiées qui étaient les siennes et qui marquaient sa perfection.

8. Conclusion

Au terme de cet examen de la thèse kojévienne, nous espérons avoir fourni aux lecteurs les éléments nécessaires à son évaluation. Pour notre part et en l'état actuel de nos connaissances, nous nous montrerons très réservé à l'égard de cette instrumentalisation du dogme de l'Incarnation. Aussi, qu'il s'agisse de la thèse de Lucien Laberthonnière (1935, pp. 316-342) relative à l'origine chrétienne de la physique cartésienne, de celle de l'auteur de *L'origine chrétienne de la science moderne*, ou encore des travaux inestimables de Rémi Brague, nous nous contenterons de tenir pour acquis que la pensée chrétienne a fondamentalement contribué à modifier les rapports hiérarchiques entre l'homme, le monde terrestre, le monde céleste et enfin le divin, et que ces réajustements ont eu de profondes conséquences sur le projet, toujours en cours, d'une appréhension scientifique du monde sensible.

Bibliographie

Blay, M. (2007). Origine et dépassement de la science classique : aspects historiques et philosophiques de l'approche kojévienne. Dans Fl. de Lussy (dir.), *Hommage à Alexandre Kojève : actes de la « Journée A. Kojève » du 28 janvier 2003* (pp. 28-40). (Les colloques de la Bibliothèque nationale de France). [Paris] : Bibliothèque nationale de France.

Brague, R. (2002). *La Sagesse du monde : histoire de l'expérience humaine de l'Univers* (nouvelle édition révisée par l'auteur). (Biblio essais ; 4322). [Paris] : Librairie Arthème Fayard.

Castel, J.-P. (2014). *Science et religions monothéistes : l'inévitable conflit*. Paris : Berg international éditeurs.

34. Les travaux de Fernand Hallyn (notamment 1991) l'ont particulièrement bien démontré.

Castel, J.-P. (2018). Science moderne, principe d'inertie et mathématisation. *Philosophie*, 4(139), 54–78.

D'Orsi, D. (1966). Il cristianesimo e l'origine della scienza moderna. *Sophia : rassegna critica di filosofia e storia della filosofia*, (3-4), 275–281.

Duhem, P. (1908). *Σῴζειν τὰ φαινόμενα : essai sur la notion de théorie physique de Platon à Galilée*. Paris : Librairie scientifique A. Hermann et fils.

Duhem, P. (1909). *Études sur Léonard de Vinci : ceux qu'il a lus et ceux qui l'ont lu. Seconde série*. Paris : Librairie scientifique A. Hermann et fils.

Duhem, P. (1914). *Le système du monde : histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic. Tome 2*. Paris : Librairie scientifique A. Hermann et fils.

Duhem, P. (1916). *Le système du monde : histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic. Tome 4*. Paris : Librairie scientifique A. Hermann et fils.

Euvé, F. (2014). Le christianisme à l'origine de la science moderne. *La recherche*, (494), 50–54.

Franco, L. (1985). Kojève : il libro, la tradizione e la rottura della continuità storica. *Il Centauro : Rivista di filosofia e teoria politica*, (13-14), 137–159.

Gauchet, M. (1985). *Le désenchantement du monde : une histoire politique de la religion*. (Bibliothèque des sciences humaines). [Paris] : Éditions Gallimard.

Goldman, S. L. (1975). Alexander Kojève on the Origin of Modern Science : Sociological Modelling Gone Awry. *Studies in History and Philosophy of Science*, 6(2), 113–124.

Goldman, S. L. (1982). On the Interpretation of Symbols and the Christian Origins of Modern Science. *The Journal of Religion*, 62(1), 1–20.

Hallyn, F. (1991). Galilée et le sublime. *Littérature*, 82, 43–56.

Jacob, J. R., & Jacob, M. C. (1980). The Anglican Origins of Modern Science : The Metaphysical Foundations of the Whig Constitution. *Isis*, 71(2), 251–267.

Jaki, S. L. (1990). *Pierre Duhem : homme de science et de foi* (traduit de l'anglais par F. Raymondaud). (Scientifiques & croyants ; 4). Paris : Beauchesne éditeur.

Jones, R. H. (2011). *For the Glory of God : The Role of Christianity in the Rise and Development of Modern Science*. Vol. 1 : *The Dependency Thesis and Control Beliefs*. Lanham : Boulder ; New York : University Press of America.

Julien, P. (2008). *La psychanalyse et le religieux : Freud, Jung, Lacan*. Paris : Les Éditions du Cerf.

Kojève, A. (1964). L'origine chrétienne de la science moderne. Dans *Mélanges Alexandre Koyré*. Vol. 2 : *L'aventure de l'esprit* (pp. 295-306). (Histoire de la pensée ; 13). Paris : Hermann.

Kojève, A. (1984). The Christian Origin of Modern Science (translated by D. R. Lachterman). *The St. John's Review*, 35(1), 22–26.

Kojève, A. (2021). *L'origine chrétienne de la science moderne* (précédé de « Mathématiques et Incarnation » par J. Copin ; édition établie par J. Copin). (Philosophie). Paris : Hermann éditeurs.

Koyré, A. (1934-1935). Compte rendu de M.-M. Gorce : « L'essor de la pensée au Moyen-Âge : Albert le Grand, Thomas d'Aquin » (1933). *Recherches philosophiques*, 4, 488–490.

Koyré, A. (1966). *Études galiléennes*. (Histoire de la pensée ; 15). Paris : Hermann. Édit. orig. : 1939.

Koyré, A. (1986a). Du monde de l'« à-peu-près » à l'univers de la précision. Dans A. Koyré, *Études d'histoire de la pensée philosophique* (pp. 341-362). (Tel ; 57). [Paris] : Éditions Gallimard. Édit. orig. : 1948.

Koyré, A. (1986b). Les philosophes et la machine. Dans A. Koyré, *Études d'histoire de la pensée philosophique* (pp. 305-339). (Tel ; 57). [Paris] : Éditions Gallimard. Édit. orig. : 1948.

Koyré, A. (2016). *De la mystique à la science : cours, conférences et documents (1922-1962)* (nouvelle édition revue et augmentée par P. Redondi). (En temps & lieux ; 58). Paris : Éditions de l'École des hautes études en sciences sociales.

Laberthonnière, L. (1935). *Études sur Descartes. Vol. 2*. (Œuvres de Laberthonnière, publiées par les soins de L. Canet). Paris : Librairie philosophique J. Vrin.

Lacan, J. (1986). *Le Séminaire*. Livre 7 : *L'éthique de la psychanalyse (1959-1960)* (texte établi par J.-A. Miller). (Le Champ freudien). Paris : Éditions du Seuil.

Lacouture, J. (1992). *Jésuites : une multibiographie*. Vol. 2 : *Les revenants*. Paris : Éditions du Seuil.

Leupin, A. (1993). *Fiction et incarnation : littérature et théologie au Moyen Âge*. (Idées et recherches). Paris : Flammarion.

Leupin, A. (2000). *La passion des idoles*. Vol. 1 : *Religion et politique (la Bible, la Chanson de Roland)*. Paris ; Montréal : L'Harmattan.

Leupin, A. (2003). *Fiction and Incarnation : Rhetoric, Theology, and Literature in the Middle Ages* (translated by D. Laatsch). Minneapolis ; London : University of Minnesota Press.

Lussy, F. de (2007). « Un classique méconnu ». Dans F. de Lussy (dir.), *Hommage à Alexandre Kojève : actes de la « Journée A. Kojève » du 28 janvier 2003* (pp. 7-11). (Les colloques de la Bibliothèque nationale de France). [Paris] : Bibliothèque nationale de France.

Maldamé, J.-M. (2003). *Science et foi en quête d'unité : discours scientifiques et discours théologiques*. (Théologies). Paris : Les éditions du Cerf.

Maldamé, J.-M. (2014). *L'atome, le singe et le cannibale : enquête théologique sur les origines*. Paris : Les éditions du Cerf.

Maldamé, J.-M. (2017). L'homme microcosme. Dans F. Faul (dir.), *Théologie et sciences : compréhension du monde et de l'homme, regards croisés : hommage à Jacques Fantino* (pp. 131-141). Paris : Les éditions du Cerf.

Margolin, J.-C. (1966). L'histoire des sciences et la dynamique classique dans les mélanges Alexandre Koyré. *Revue de synthèse*, 87/3(41-42), 63–74.

Mayaud, P.-N. (2005). *Le conflit entre l'astronomie nouvelle et l'Écriture sainte aux XVIe et XVIIe siècles : un moment de l'histoire des idées autour de l'affaire Galilée*

(6 vol.). (Bibliothèque littéraire de la Renaissance ; 55). Paris : Honoré Champion éditeur.

Milner, J.-C. (1991[a]). Lacan and the Ideal of Science. Dans A. Leupin (edit.), *Lacan and the Human Sciences* (pp. 27-42). Lincoln ; London : University of Nebraska Press.

Milner, J.-C. (1991[b]). Lacan et la science moderne (discussion avec P. Henry et J. Forbes). Dans *Lacan avec les philosophes* (pp. 335-351 [discussion : pp. 352-371]). (Bibliothèque du Collège international de philosophie). Paris : Éditions Albin Michel.

Milner, J.-C. (1995). *L'œuvre claire : Lacan, la science, la philosophie*. (L'ordre philosophique). Paris : Éditions du Seuil.

Minois, G. (1990). *L'Église et la science : histoire d'un malentendu*. Vol. 1 : *De saint Augustin à Galilée*. [Paris] : Librairie Arthème Fayard.

Minois, G. (1991). *L'Église et la science : histoire d'un malentendu*. Vol. 2 : *De Galilée à Jean-Paul II*. [Paris] : Librairie Arthème Fayard.

Minois, G. (2000). *Galilée*. (Que sais-je ? ; 3574). Paris : Presses universitaires de France.

Nicolas de Cuse (2010). *De la docte ignorance* (traduction, introduction et notes de J.-C. Lagarrigue). (Sagesses chrétiennes). Paris : Les éditions du Cerf.

Nicolescu, B. (1988). *La science, le sens et l'évolution : essai sur Jacob Boehme suivi d'un choix de textes* (préface d'A. Faivre). (Science et connaissance). Paris : Éditions du Félin.

Nicolescu, B. (1995). *L'homme et le sens de l'univers : essai sur Jakob Boehme, suivi d'un choix de textes* (préfaces d'A. Faivre et de J. Godwin). (Les âges de l'esprit). Paris : Philippe Lebaud éditeur.

Nicolescu, B. (2014). *From Modernity to Cosmodernity : Science, Culture, and Spirituality*. (SUNY Series in Western Esoteric Traditions). Albany (NY) : State University of New York Press.

Ottaviano, C. (1966). L'origine cristiana della scienza moderna. *Sophia : rassegna critica di filosofia e storia della filosofia*, (3-4), 282–289.

Prigogine, I., & Stengers, I. (1979). *La nouvelle alliance : métamorphose de la science*. (Bibliothèque des sciences humaines). [Paris] : Éditions Gallimard.

Rashed, R. (1984), La notion de science occidentale. Dans R. Rashed, *Entre arithmétique et algèbre : recherches sur l'histoire des mathématiques arabes* (pp. 301-318). (Sciences et philosophie arabes : Études et reprises). Paris : Société d'édition « Les Belles Lettres ».

Russo, F. (1965). Compte rendu des « Mélanges Alexandre Koyré publiés à l'occasion de son soixante-dixième anniversaire » (2 vol., 1964). *Études*, 322(5), 743.

Russo, F. (1983). *Nature et méthode de l'histoire des sciences*. Paris : Librairie scientifique et technique Albert Blanchard.

Serres, M. (1989). Gnomon : les débuts de la géométrie en Grèce. Dans M. Serres (dir.), *Éléments d'histoire des sciences* (pp. 63-99). (Cultures). Paris : Bordas.

Serres, M. (1993). *Les origines de la géométrie : tiers livre des fondations*. (Champs ; 331). Paris : Flammarion.

Serres, M. (2001). *Hominescence*. (Essais). Paris : Éditions Le Pommier.

Serres, M. (2007). *Rameaux*. (Poche ; 11). Paris : Éditions Le Pommier.

Solignac, A. (1967). Compte rendu des « Mélanges Alexandre Koyré publiés à l'occasion de son soixante-dixième anniversaire » (2 vol., 1964). *Archives de philosophie*, 30(2), 306–308.

Souchard, B. (2010). *Dieu et la science en questions* (postface de J.-M. Maldamé). Paris : Presses de la Renaissance.

Souchard, B. (2011). Pourquoi la science émerge-t-elle dans l'Occident judéo-chrétien ?. *France catholique*, 87(3253), 16–17.

Stoffel, J.-F. (2018a). Alexandre Koyré and the Traditional Interpretation of the Anthropological Consequences of the Copernican Revolution. Dans R. Pisano, J. Agassi, & D. Drozdova (edit.). *Hypotheses and Perspectives in the History and Philosophy of Science : Homage to Alexandre Koyré 1892-1964* (pp. 421-452). [s. l.] : Springer.

Stoffel, J.-F. (2018b). « Comme la chair rôtie à la broche… » : heurs et malheurs d'un célèbre argument de convenance en faveur du mouvement de rotation diurne de la Terre et posant la question de la finalité du monde (XIVe-XIXe siècles). *Revue des questions scientifiques*, 189(1-2), 103–208.

Stoffel, J.-F. (2017). L' « Histoire de la physique » de Pierre Duhem : contexte d'une publication singulière et historique de l'usage du terme « révolution ». Dans J.-F. Stoffel, & S. Ben Ali (édit.), *Pierre Duhem, cent ans plus tard (1916-2016)* (pp. 271-300). Tunis : Université de Tunis.

Stoffel, J.-F. (2012). Origine et constitution d'un mythe historiographique : l'interprétation traditionnelle de la révolution copernicienne. Sa phase de structuration (1835-1925). *Philosophica (Valparaiso) : Revista del instituto de filosofía de la Pontificia universidad católica de Valparaíso*, 41-42(1-2), 95–132.

Thuillier, P. (1980). Science, religion et politique : le cas de Newton. *La recherche*, 11(116), 1340–1343.

Thuillier, P. (1983). Science, religion et politique : le cas de Newton. Dans P. Thuillier, *Les savoirs ventriloques ou comment la culture parle à travers la science* (pp. 85-95). (Science ouverte). Paris : Éditions du Seuil.

Valade, B. (1983). La révolution galiléenne, la Science et l'Esprit. Dans J. E. Charon (dir.), *L'Esprit et la science : Colloque de Fès (11-15 mai 1983)* (pp. 153-162 [discussion : pp. 163-164]). Paris : Éditions Albin Michel.

Zambelli, P. (2016). Entre-deux-guerres : Koyré en France, en Allemagne et dans d'autres contextes. Dans J. Seidengart (dir.), *Vérité scientifique et vérité philosophique dans l'œuvre d'Alexandre Koyré, suivi d'un inédit sur Galilée* (pp. 17-60). (L'Âne d'or ; 56). Paris : Société d'édition « Les Belles Lettres ».

Zambelli, P. (2021). *Alexandre Koyré, un juif errant ?* (traduit par I. Imbart). Firenze : Museo Galileo.

Revue des Questions Scientifiques, 2021, 192 (3-4) : 385-402

Les lois du mouvement dans l'œuvre d'Auguste Comte

Cyril Verdet
Syrte – Observatoire de Paris
cyril.verdet@obspm.fr

Résumé. – Auguste Comte, ancien élève de l'École polytechnique, est amené à présenter les lois du mouvement à deux occasions : lors de la rédaction des leçons de mécanique du *Cours de philosophie positive*, et lors de la rédaction du *Traité philosophique d'astronomie populaire*. Outre que les versions qu'il en donne ne sont pas identiques d'un ouvrage à l'autre, elles diffèrent aussi assez nettement de ce qu'on peut trouver dans les ouvrages de mécanique de l'époque. En effet, faisant feu de tout bois pour alimenter la flamme positiviste, Comte n'hésite pas à faire des énoncés de ces lois, fondatrices pour la physique, un exemple de relecture positiviste pour les sciences de son temps. La formulation qu'il en donne tente d'effacer ce qu'il pourrait y avoir d'a priori dans ces énoncés et entend célébrer l'universalité de fait qui les caractérise, comme pour toute autre loi naturelle.

Abstract. – Auguste Comte, a former student of the École Polytechnique, presented the laws of motion on two separate occasions: once when writing mechanics lessons for the *Cours de philosophie positive*, and again when writing the *Traité philosophique d'astronomie populaire*. In addition to the fact that the versions he provided differed from one book to another, they also differed quite markedly from those found in the mechanical treatises of his time. Indeed, prepared to use everything in his power to promote the positivist doctrine, Comte did not hesitate to turn the statement of these laws, which were at the very foundations of physics, into a sort of positivist review for the sciences of his time. The wording he used was designed to eliminate any a priori elements in these statements and to instead highlight the universal truths that they had in common, as do all natural laws.

Mots clés. – *Cours de philosophie positive* — Mécanique — Lois du mouvement — Positivisme — *Traité philosophique d'astronomie populaire*.

Plan de l'article

1. Introduction

Entre 1830 et 1842, Auguste Comte dresse un magistral panorama des sciences quelles qu'elles soient, connues ou à construire. En six tomes et soixante leçons, de la mathématique à la physique sociale, le *Cours de philosophie positive* n'entreprend rien moins que de dessiner les contours philosophiques des sciences fondamentales. Avec force détail, il entend mettre en lumière, au sein même de chacune d'elles, ce qu'elle contient de positif par contraste avec ce qui ne l'est pas. C'est une présentation qui se veut « encyclopédique » au travers de laquelle Comte fait coïncider le progrès de l'esprit humain avec l'évolution des sciences dans leur histoire. Il s'agit de la mise par écrit d'un cours dispensé depuis 1826 devant un auditoire qui comptait entre autres quelques savants de première importance.

Dans cette perspective, Comte est amené à aborder une présentation de la mécanique rationnelle et des lois du mouvement entre la quinzième et la dix-huitième leçon, lesquelles concluent le premier tome, celui-là même qui, publié dès 1830, traite des *Préliminaires généraux* et de la *Philosophie mathématique*. Car pour lui, la mécanique appartient au registre de la « mathématique concrète » comme il le précise dès le commencement de la quinzième leçon[1].

Comme Newton ou Lagrange, Comte identifie bien trois lois pour rendre raison du mouvement des corps quoique les énoncés qu'il propose ne soient

1. « Les phénomènes mécaniques sont, par leur nature, comme nous l'avons déjà remarqué, à la fois plus particuliers, plus compliqués et plus concrets que les phénomènes géométriques. Aussi, conformément à l'ordre encyclopédique établi dans cet ouvrage, plaçons-nous la mécanique rationnelle après la géométrie dans cette exposition philosophique de la mathématique concrète, comme étant nécessairement d'une étude plus difficile, et par suite moins perfectionnée » (Comte, 1830/1998, p. 226 [15e leçon]).

ni ceux de l'un, ni ceux de l'autre exactement. Il semble exposer une version originale dont on retrouve une forme modifiée une quinzaine d'années plus tard dans le *Traité philosophique d'astronomie populaire*, plus exactement dans la dernière partie, celle qui traite de la mécanique céleste.

Rejeton de l'École polytechnique, Comte n'ignore rien de l'état de la mécanique de son époque. Il en connait non seulement les théorèmes généraux, mais aussi les insuffisances et les difficultés calculatoires. Si bien que le regard philosophique qui caractérise les leçons du *Cours* est celui d'un philosophe praticien de la mécanique. C'est donc depuis un point de vue intérieur à cette science fondatrice pour toutes les autres disciplines de la physique que Comte peut la juger et estimer son caractère positif. Quelle est alors l'originalité de ce regard ? Quels sont les critères qui président au choix et à l'ordre des énoncés retenus par Comte ? Ces énoncés sont-ils en mesure de circonscrire une mécanique rationnelle et exclusivement positive ? Quelles sont les raisons pour lesquelles des modifications ont été apportées entre le *Cours* et le *Traité* ? Telles sont les interrogations auxquelles ce qui suit tente d'apporter des éléments de réponse.

2. Exposés des lois

Dans le *Cours de philosophie positive* tout d'abord. Après les deux premières leçons qui seules sont demeurées connues de tous, grâce notamment à l'exposé de la loi des trois états, Comte entame la grande fresque de l'aventure intellectuelle de l'humanité par les mathématiques. Seize leçons lui sont nécessaires pour présenter différents aspects de la géométrie ou de l'analyse avant de clore le tome par celles de mécanique[2]. Les « faits généraux ou les lois physiques du mouvement » sont exposés dès la première leçon de mécanique, soit la quinzième du *Cours*. Le but recherché par Comte est clair : « L'objet spécial de cette leçon est d'indiquer comment, dans l'état actuel de la science, on peut établir nettement son véritable caractère philosophique, et la dégager définitivement de toute influence métaphysique. » (Comte, 1830/1998, p. 228 [15e leçon]). Ici comme ailleurs, il entend rendre à cette science — la mécanique — son caractère véritablement positif. Moyennant quoi, les énoncés choisis par Comte sont alors les suivants :

2. Les leçons de mécanique s'intitulent : 15. « Considérations philosophiques sur les principes fondamentaux de la mécanique rationnelle » ; 16. « Vue générale de la statique » ; 17. « Vue générale de la dynamique » ; 18. « Considérations philosophiques sur les théorèmes généraux de la mécanique rationnelle ».

> « La première loi est celle que nous désignons fort mal à propos sous le nom de *loi d'inertie*. Elle a été découverte par Kepler. Elle consiste proprement en ce que tout mouvement est naturellement rectiligne et uniforme, c'est-à-dire que tout corps soumis à l'action d'une force unique quelconque, qui agit sur lui instantanément, se meut constamment en ligne droite et avec une vitesse invariable. »
>
> « La seconde loi fondamentale du mouvement est due à Newton. Elle consiste dans le principe de l'égalité constante et nécessaire entre l'action et la réaction. »
>
> « La troisième loi fondamentale du mouvement me paraît consister dans ce que je propose d'appeler le principe de l'indépendance ou de la coexistence des mouvements, qui conduit immédiatement à ce qu'on appelle vulgairement la composition des forces. Galilée est, à proprement parler, le véritable inventeur de cette loi, quoiqu'il ne l'ait point conçue précisément sous la forme que je crois devoir préférer ici. » (Comte, 1830/1998, p. 233 et p. 236 [15e leçon]).

Précisons ici que les trois lois fondamentales du mouvement figurent dans la quinzième leçon et que les autres lois auxquelles Comte fait référence dans les autres leçons de mécanique, n'ont pas ce caractère fondamental au sens originaire du terme. Dit autrement, les autres lois de la mécanique que Comte expose dans les leçons suivant la 15e, sont des théorèmes énoncés à partir des trois lois fondamentales. Quand bien même Comte y adjoint les expressions analytiques de la vitesse et de l'accélération, les lois fondamentales du mouvement demeurent inchangées.

Puis, en 1844, soit deux années seulement après la publication du dernier tome du *Cours* traitant de la physique sociale, et quatorze après la publication du premier tome qui contient les lois qui viennent d'être présentées, Comte publie un *Traité philosophique d'astronomie populaire* dans lequel figure les trois mêmes lois du mouvement. Comme pour le *Cours*, le *Traité* est avant tout la trace écrite d'un enseignement qui fut dispensé gracieusement par Comte pendant quatorze années à la mairie du IIIe arrondissement de Paris et adressé, comme son nom l'indique, au tout venant. Né de la révolution de juillet 1830, ce cours avait pour ambition de diffuser aussi largement que possible l'esprit positif parmi les « prolétaires ». Du reste, la partie traitant à proprement parler d'astronomie est précédée d'un *Discours sur l'esprit positif*, dont l'objectif est de situer le cours d'astronomie dans un contexte, non pas scientifique, mais essentiellement philosophique. De ce point de vue, le *Cours*, autant que le *Traité*, ont un objectif commun et les lois du mouvement qu'on y trouve exposées, ont aussi un caractère plus philosophique qu'opératoire.

Dans le *Traité*, les lois se trouvent exposées au premier chapitre de la quatrième partie traitant de la *Mécanique céleste*. Les commentaires qui les accompagnent sont bien plus brefs que dans le *Cours*, étant entendu que l'objet principal n'est pas la mécanique en tant que telle, mais seulement en tant qu'elle est appliquée aux astres. Les énoncés sont les suivants :

> « La première loi, dont la vraie notion générale est essentiellement due à Kepler, consiste en ce que tout mouvement simple est naturellement rectiligne et uniforme. C'est ce qu'on qualifie mal à propos de loi d'inertie, et ce qu'il vaudrait mieux nommer la loi de persistance, puisqu'elle établit, en effet, que tout mobile tend spontanément à persévérer dans la direction et la vitesse quelconques qu'il a maintenant. »
>
> « Essentiellement due à Galilée, la seconde loi fondamentale du mouvement consiste directement dans la conciliation naturelle entre les mouvements partiels de divers corps quelconques et le mouvement commun de leur ensemble. »
>
> « Quant à la troisième loi fondamentale du mouvement, dont la vraie notion générale est due à Newton, elle consiste en ce que, dans la relation mécanique de deux corps quelconques, la réaction est égale et contraire à l'action. » (Comte, 1844/1985, p. 391 et p. 396).

Où l'on voit combien il est intéressant de disposer de deux systèmes d'énoncés afin d'identifier les propres évolutions de Comte dans la sélection qu'il opère en matière de philosophie du mouvement. Que les énoncés qui viennent d'être présentés en dernier ne correspondent pas, mot pour mot, aux précédents est une évidence, mais on notera aussi une modification dans l'ordre d'exposition. Enfin, avant d'entrer dans l'analyse de chacune des lois, on remarquera surtout ce qui demeure inchangé. En effet, qu'il s'agisse du *Cours* ou du *Traité*, Comte présente un système de lois du mouvement qui présente trois caractères suivants : le nombre de lois, les éponymes rattachés à ces lois et, enfin et surtout, les notions correspondantes à savoir : Kepler et l'inertie, Galilée et la composition, Newton et la réciprocité.

3. Les choix historiques et dogmatiques de Comte

Pour comprendre le choix des énoncés retenus par Comte il n'est pas inutile de considérer la démarche que lui-même appelle de ses vœux dans la deuxième leçon du *Cours* : « Toute science peut être exposée suivant deux démarches

essentiellement distinctes, dont tout autre mode d'exposition ne saurait être qu'une combinaison, la marche historique et la marche dogmatique. » (Comte, 1998, p. 50 [2e leçon]). Et si « la tendance constante de l'esprit humain quant à l'exposition des connaissances, est donc de substituer de plus en plus à l'ordre historique l'ordre dogmatique » (Comte, 1830/1998, p. 51 [2e leçon]), il n'en demeure pas moins qu'« on ne connaît pas complètement une science tant qu'on n'en sait pas l'histoire. » (Comte, 1830/1998, p. 53 [2e leçon]). Comte se trouve donc devant un double choix. De nature historique d'abord qui est exprimé ici principalement à travers les éponymes qu'il associe à chacune des trois lois ; de nature dogmatique ensuite qui nécessite d'opter pour une axiomatique au détriment des autres.

La formation savante de Comte est faite sous l'égide de quelques grands noms dont l'éclat traverse tout son siècle. Lagrange et Laplace pour les plus anciens, Poinsot et Poisson pour les plus actuels. Bien que Lagrange ait laissé un nom immortel grâce principalement à la publication de la *Mécanique analytique* en 1788, il meurt en 1813 soit un an avant l'entrée de Comte à l'École polytechnique. À cette même époque, Laplace fait triompher la mécanique newtonienne avec le *Traité de mécanique céleste* dont le premier tome est publié en 1799, lequel fait suite à l'*Exposition du système du monde* édité en 1796, et le dernier tome en 1805. Si Lagrange porte à son plus haut point la mécanique en réduisant tout problème à un problème de statique, Laplace, lui emboîte le pas en démontrant notamment la stabilité à long terme du système solaire. Or, l'approche des lois du mouvement diffère entre ces deux traités de la mécanique en ce que Lagrange pense cette discipline en mathématicien alors que Laplace la pense en astronome. Lagrange fait du principe des vitesses virtuelles l'alpha et l'oméga de sa mécanique à cause de la simplicité et de la puissance calculatoire de cet énoncé. Or, ce principe est directement issu de l'étude du levier. Il n'est donc pas surprenant que pour Lagrange, « ces loix [sic] du mouvement sont fondées sur des principes généraux qu'on peut réduire à trois ; celui de l'équilibre dans le levier, celui de la composition du mouvement, & celui des vitesses virtuelles. » (Lagrange, 1788, p. 2)[3]. Cette approche mathématique le conduit tout naturellement à fonder la mécanique en général d'abord sur la

3. Lagrange attribue le principe du levier à Archimède, les deux autres, celui de composition ainsi que celui des vitesses virtuelles sont attribués à Galilée. Dans la dynamique : « Dans la première partie de ce Traité, le Principe des vitesses virtuelles nous a conduits à une méthode analytique très-simple, pour résoudre toutes les questions de Statique. Ce même Principe combiné avec celui que nous venons d'exposer, fournira donc aussi une Méthode semblable pour les problèmes de Dynamique, & qui aura les mêmes avantages. » (Lagrange, 1788, p. 180).

considération des corps étendus et rigides, c'est-à-dire des solides. Pour Laplace en revanche, l'étude des astres impose d'elle-même, de par la nature des objets étudiés, la constitution d'une mécanique fondée originairement sur la considération de corps ponctuels en mouvement dans un espace vide. Il parait donc naturel qu'il introduise, parmi les lois du mouvement, celle de l'inertie qu'on trouve exprimée aussi bien dans l'*Exposition du système du monde*[4], que dans le premier tome du *Traité de mécanique céleste*, et ce, en termes semblables.

Comte est donc amené à opérer ses choix entre deux écoles qui, bien qu'en partie distinctes dans leurs principes, aboutissent bien entendu aux mêmes théorèmes généraux. Au premier abord, les commentaires qu'il apporte peuvent laisser penser qu'il entreprend une synthèse des opinions. Certains passages semblent venir tout droit du fameux ouvrage de Lagrange, tandis que les trois lois du mouvement qu'il expose comme fondamentales sont celles qu'on retrouve chez Laplace. De même dans les termes employés : là où Lagrange distingue la « statique » de la « dynamique », Laplace se plie au même exercice, mais en évoquant plutôt l'« équilibre » et le « mouvement », et Comte reprend volontiers l'ensemble de cette terminologie. Mais bien qu'il conserve aussi l'ordre d'exposition lagrangien en traitant successivement la *Vue générale de la statique* dans la seizième leçon suivie de la *Vue générale de la dynamique* dans la dix-septième, il adopte néanmoins un ordre dogmatique inverse : « Il est maintenant aisé de concevoir, en thèse générale, que c'est seulement de cette première partie de la dynamique qu'on a besoin pour constituer la statique comme un cas particulier de la dynamique. » (Comte, 1830/1998, p. 246 [16e leçon]). Et de se justifier en précisant que s'il conserve l'ordre de présentation semblable à celui de Lagrange, c'est uniquement à cause du degré de complexité, car « il est aisé de concevoir *a priori* que les questions de statique doivent être, en général, par leur nature, bien plus faciles à traiter que les questions de dynamique. » (Comte, 1830/1998, p. 241 [15e leçon]). Si bien qu'à la lecture progressive des leçons, le lecteur comprend qu'il s'agit bien d'une sélection faite par Comte et non d'une synthèse. C'est la raison pour laquelle, à ce stade, pour saisir les raisons qui président à ses choix, tant de nature historique que de nature dogmatique, il apparaît incontournable de garder à l'esprit l'avertissement de Comte dès la première leçon selon lequel « c'est

4. Cf. Laplace, 1796, Livre III : « Des lois du mouvement ». La loi de composition est donnée au chapitre premier : « Des forces, de leur composition et de l'équilibre d'un point matériel » ; la loi de l'inertie est donnée au chapitre deuxième : « Du mouvement d'un point matériel » ; la loi de réciprocité est donnée dans le chapitre troisième : « De l'équilibre d'un système de corps ». Le chapitre quatrième traite « De l'équilibre des fluides » et le cinquième « Du mouvement d'un système de corps ».

un *Cours de philosophie positive* et non de sciences positives que je me propose de faire » (Comte, 1830/1998, p. 30 [1re leçon]). Le *Cours* n'est donc pas un traité de mécanique et ne doit pas être lu comme tel sans quoi il perdrait tout son sens et son intérêt. L'objet que se fixe leur auteur ne consiste pas à discuter la pertinence technique des lois du mouvement, mais d'apprécier leur étendue philosophique en sélectionnant ce qui relève de l'esprit positif et ce qui n'entre pas dans son giron.

Quelques mots enfin sur l'enseignement reçu par Comte à l'École polytechnique. Parmi les professeurs qui furent les siens, il en est un seul dont le nom est abondamment cité dans les leçons de mécanique : Poinsot, qui fut son professeur d'analyse et qui a contribué aussi au développement de la mécanique. Parmi ses travaux importants dans cette discipline se trouvent les *Éléments de statique* publiés en 1803 dans lequel il développe, avec une remarquable clarté, la théorie des moments de force à laquelle son nom reste associé, et un mémoire sur la *Théorie générale de l'équilibre et du mouvement des systèmes* publié en 1806, lequel prend place dans le débat qui anime certains professeurs et répétiteurs de l'École polytechnique à propos de la démonstration du principe des vitesses virtuelles[5].

S'agissant en revanche du professeur de mécanique de Comte, il n'en est jamais question dans les leçons du *Cours*. Nulle part le nom de Poisson n'est évoqué et pas une seule fois Comte ne mentionne son *Traité de mécanique* publié en 1811 à l'usage des élèves de l'École dans laquelle pourtant Comte entra trois ans plus tard.

Qu'ils soient cités ou non, tous ces noms ont une incidence sur la conception de la mécanique par Comte et partant, sur la structure des leçons 15 à 19 de son *Cours de philosophie positive*. La prise en considération de leurs approches respectives va donc être utile pour estimer tour à tour le contenu de chacune des trois lois énoncées par Comte.

4. Loi de persévérance

Il parait assez naturel d'examiner d'abord la loi relative à l'inertie étant donné que Comte la présente en premier dans le *Cours* comme dans le *Traité*. De ce point de vue, sa première loi coïncide avec la première loi du mouvement de Newton, bien qu'elle présente une différence d'énonciation. Il est d'ailleurs

5. On se référera sur ce point avec intérêt à l'étude critique de Patrice Bailhache (1975).

indispensable de citer ici non seulement la version de Newton, mais aussi celles de Laplace et de Poisson, compte tenu de l'importance qu'ils présentent dans la formation de Comte en mécanique. Les énoncés sont respectivement :

> « Tout corps persévère dans l'état de repos ou de mouvement uniforme en ligne droite dans lequel il se trouve, à moins que quelque force n'agisse sur lui, & ne le contraigne à changer d'état. » (Newton, 1759/1990, p. 17).

> « Cette tendance de la matière à persévérer dans son état de mouvement ou de repos, est ce que l'on nomme inertie. C'est la première loi du mouvement des corps. »[6] (Laplace, 1798, p. 14 [1re partie, livre I, chap. II]).

> « Cette impossibilité où sont les corps de changer leur état de mouvement ou de repos, sans le secours d'une cause particulière qui agit sur eux à cet instant, est une des propriétés générales de la matière, qu'on appelle l'*inertie*. » (Poisson, 1811, p. 265 et p. 266 [Livre II]).

Si Comte ne reprend aucun des énoncés précédents, c'est très vraisemblablement à cause de la gêne que lui inspire la notion d'inertie. Contrairement aux autres auteurs, il lui parait indispensable de souligner une distinction qu'ils ne jugent pas nécessaire d'apporter, à savoir : l'inertie des corps d'une part qui est une « notion abstraite », « un simple artifice logique imaginé par l'esprit humain pour faciliter la formation de la mécanique rationnelle, ou plutôt pour la rendre possible » (Comte, 1830/1998, p. 230 [15e leçon]) ; et la persévérance du mouvement d'autre part qui n'est qu'un « résultat général de l'observation ». Et si Comte mentionne à plusieurs reprises que l'appellation « loi d'inertie » est « impropre » ou « mal à propos », c'est bien pour dénoncer la confusion entre la notion abstraite d'un côté et le résultat de l'observation de l'autre. C'est la raison pour laquelle il tente une formulation originale de la première loi qui, au risque de prêter à confusion, présente à ses yeux l'avantage ne de pas faire référence à l'inertie des corps, mais seulement à ce qui est observable. Plutôt que de considérer un corps isolé ou pseudo-isolé, c'est-à-dire soumis à une résultante nulle de forces, ou encore l'incapacité d'un corps à changer de lui-même son propre mouvement, Comte aborde l'inertie dans le cas d'un corps « soumis à l'action d'une force unique quelconque, qui agit sur lui instantanément », autrement dit, dans le cas de la percussion. C'est en effet la seule manière de lire correctement l'énoncé et de comprendre que pour Comte, une force qui agit « instantanément » n'est pas une force qui agit à

6. Le texte de la citation est très proche de celui qu'on trouve dans l'*Exposition du système du monde*, livre III, chap. II : « Du mouvement d'un point matériel ».

chaque instant, comme la pesanteur, mais seulement pendant un instant, c'est-à-dire une percussion. L'originalité — pour ne pas dire la curiosité — de cette formulation vient des contraintes philosophiques que Comte s'impose consistant à rejeter toute sorte de raisonnement *a priori* pour ne prendre en considération que ce qui est observable. Or dans le cas de l'inertie, ce qui est observable ce n'est pas une résultante de forces, fût-elle nulle, mais le résultat d'une action dûment observable telle que la percussion. L'inertie est aussi obscure aux yeux de Comte que la force l'est à ceux de d'Alembert. D'où ce détour inhabituel et presque incongru pour quiconque est familier du principe d'inertie. Au reste, deux critiques peuvent être formulées à l'encontre de la formulation de cette première loi par Comte. L'une, de nature historique, est relative à la référence à Kepler ; l'autre, de nature dogmatique, est relative au caractère exclusivement *a posteriori* voulu par Comte.

D'un point de vue historique d'abord. Aucun des auteurs jusque-là évoqués ne fait référence à Kepler avant ou après les passages cités. De manière plus générale, le nom de Kepler associé à l'inertie ne se retrouve guère que chez les historiens de l'astronomie comme Delambre, Bailly ou Lalande pour ne citer que ceux qui précèdent Comte et dont il a pu consulter les ouvrages. Delambre notamment, que Comte reconnait comme étant son « maître », consacre une place importante à l'œuvre de Kepler. Le choix de la référence à Kepler par Comte pour une loi du mouvement en général est donc sinon iconoclaste, du moins assez inattendu. Certes Kepler est bien celui qui introduit le terme d'inertie dans les sciences à la faveur d'un raisonnement de physique exposé dans l'*Astronomia nova*. Mais il conçoit l'inertie des planètes comme étant leur « résistance au mouvement »[7]. Or, selon Newton, Poisson et Laplace — pour ne mentionner qu'eux — l'inertie n'est pas une résistance au mouvement seulement, elle l'est au repos aussi. En sorte qu'il est communément admis à l'époque de Comte que ce qu'on a coutume d'appeler inertie désigne la capacité d'un corps matériel à s'opposer au *changement* de mouvement. C'est d'ailleurs ainsi que Comte l'entend et que la référence à Kepler n'a d'intérêt que d'un point de vue historique et non dogmatique.

D'un point de vue dogmatique ensuite ou axiomatique. Le rejet de l'inertie par Comte, à propos de laquelle il affirme néanmoins, comme indiqué plus haut, qu'elle s'est constituée en condition de possibilité de la mécanique, fait entrevoir qu'il s'agit pour lui d'une possibilité métaphysique et non logique, et qu'à ce titre, elle n'est pas recevable pour une science positive. Il n'est donc

7. Voir sur ce sujet l'étude d'Alexandre Koyré (1961/2016).

pas nécessaire pour Comte de poser au-delà de toute expérience possible, un principe fondateur en raison et relatif à la persévérance du mouvement ou du repos des corps. L'expérience seule suffit. Et Comte d'affirmer : « nous avons continuellement occasion de reconnaître qu'un corps animé d'une force unique se meut constamment en ligne droite. » (Comte, 1830/1998, p. 234 [15e leçon]). Et de préciser aussitôt après qu'« il n'y a pour ainsi dire aucun phénomène dans la nature qui ne puisse nous fournir une vérification sensible de cette loi, sur laquelle est en partie fondée toute l'économie de l'univers. Il en est de même relativement à l'uniformité du mouvement. » Cette affirmation a de quoi surprendre quand on sait combien la persévérance d'un corps selon un mouvement rectiligne uniforme est loin d'être observable tant les conditions à respecter pour ce faire sont hors de portée. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle le principe d'inertie a mis tant de temps à être énoncé correctement. Même à l'époque de Comte la notion de référentiel inertiel n'est pas encore admise. Cette difficulté vient précisément de ce que la loi de l'inertie ne peut être vérifiée directement. Non pas seulement à cause des difficultés pratiques qu'on rencontre pour considérer un corps pseudo-isolé, mais parce que seule une expérience de pensée peut permettre d'accéder à une conception adéquate de cette première loi du mouvement. Il y a donc là, au fondement de la mécanique, un jugement *a priori* dont on ne peut faire l'économie pour penser la persévérance et dont Comte tente de se dégager.

La deuxième version, celle du *Traité*, quoique très différente de la première, ne vient pas lever la difficulté. La « persistance » vient se substituer à l'inertie et l'on voit mal en quoi « persister » est plus positif que « s'opposer » au mouvement ou au changement de mouvement. De même, l'affirmation selon laquelle « tout mouvement simple est naturellement rectiligne et uniforme » parait tout à fait étonnante dans la visée d'une science positive, car ni la simplicité ni la naturalité d'un mouvement ne sont définies par Comte alors même que ces deux notions renvoient à des notions abstraites qui ne sont la généralisation d'aucun phénomène en particulier. La simplicité autant que la nature sont des vues de l'esprit qui trouvent leur origine dans la raison exclusivement. L'on pourrait même bâtir une mécanique sans faire référence à ces deux notions et sans que les spéculations sur les phénomènes en soient changées.

Ces considérations à caractère logique ou dogmatique montrent combien la question de l'inertie est épineuse dès lors qu'on souhaite la traiter de manière positive. Au reste, il n'est pas inutile de préciser qu'en l'absence de notion de référentiel inertiel ou galiléen, c'est l'espace absolu qui fait office de référentiel privilégié pour penser l'inertie des corps. En sorte que cette dernière notion se

trouve être entièrement plongée dans un cadre conceptuel où la métaphysique est sans cesse en embuscade, étant entendu que l'absolu appartient de plain-pied à la métaphysique. On attendrait que Comte évoque ce point sur lequel pourtant, il garde le silence.

5. Loi de composition

La loi de composition est de loin celle qui est la plus commentée, tant dans le *Cours* que dans le *Traité*. Il s'agit de la loi de composition des mouvements qui constitue la troisième loi dans le *Cours* et la seconde dans le *Traité*. Elle est par ailleurs la seule loi qui figure chez tous les auteurs cités jusque-là, de surcroît en première place dans les traités de Laplace, Poisson et Poinsot. Elle est en effet la pierre d'angle pour toute considération sur l'équilibre, d'un point, d'un solide ou d'une particule fluide.

La référence à Galilée vient de ce qu'il est le premier à composer une science de la dynamique dont la composition des mouvements est un élément fondateur. On la trouve exposée dans les *Dialogues* et dans les *Discours* ainsi que le rappelle Lagrange dans la longue introduction historique de la *Mécanique analytique*. Si Lagrange rappelle qu'il s'agit bien d'une loi de composition des *mouvements* chez Galilée, il n'en demeure pas moins que la loi de composition qu'il invoque pour lui-même n'est pas celle des mouvements, mais bien celle des *forces*. Et sur ce point, tous les auteurs convoqués jusqu'à présent font aussi usage d'une loi de composition des forces et non des mouvements.

Comte n'est donc pas sans ignorer cette distinction et il va de soi que le choix d'introduire la loi de composition en mécanique par celle du mouvement en lieu et place de celle des forces, participe du projet d'assainissement philosophique qu'il appelle de ses vœux. En adoptant la formulation galiléenne, Comte entend mettre en évidence la racine expérimentale d'une pareille loi. Car si les mouvements ont un caractère objectif du point de vue de l'observation, on ne peut pas en dire autant des forces même si, là encore, Comte ne rejette pas totalement l'héritage qui est le sien. Il n'écarte pas définitivement la notion de force en mécanique, mais s'assure d'un fondement plus positif pour la mécanique. Au reste, il précise aussitôt après que ce principe-là « conduit immédiatement à ce qu'on appelle vulgairement la composition des forces » et le répète quelques paragraphes plus loin en affirmant que « le principe de l'indépendance ou de la coexistence des mouvements étant une fois établi, il est facile de concevoir qu'il conduit immédiatement à la règle élémentaire or-

dinairement usitée pour ce qu'on appelle la composition des forces, qui n'est vraiment autre chose qu'une nouvelle manière de considérer et d'énoncer la troisième loi. »

Ce détour dogmatique, dicté non par une contrainte d'ordre logique, mais d'ordre philosophique, amène à poser davantage la question du concept de force chez Comte plutôt que celle de l'importance de la composition ou de la superposition en mécanique. Contrairement à Lagrange, Poisson ou Poinsot, il se refuse à qualifier la force de *cause* du mouvement et se limite à affirmer que « les forces ne sont autre chose, en mécanique, que les mouvements produits en tendant à se produire.[8] » (Comte, 1830/1998, p. 228 [15e leçon]). C'est donc le mouvement qui prime au point que la force n'est qu'une forme de mouvement, y compris celui qui n'est pas encore, mais qui « tend à se produire ». Comte ne cache d'ailleurs pas son intention sur le sujet : « il reste encore aux géomètres à opérer, sinon dans la conception même, du moins dans le langage habituel, une réforme essentielle pour écarter entièrement l'ancienne notion métaphysique des *forces*, et indiquer plus nettement que ne le fait encore le véritable point de vue de la mécanique. » (Comte, 1830/1998, p. 228 [15e leçon]). L'on voit combien il est nécessaire dans l'esprit de Comte de conserver un concept distinct de celui de mouvement — plus précisément de vitesse —, mais qui reste à être assaini en sorte qu'il ne soit pas totalement exempt d'une référence expérimentale ; Comte ne précise pas davantage. Au passage, une définition véritablement positive de la force passerait par une caractérisation algébrique et non anthropomorphique que sous-entend le langage habituel auquel Comte fait référence. D'ailleurs, Comte donne par la suite les expressions algébriques pour la vitesse et pour l'accélération. Au lieu de cela, il demeure dans l'expectative, à l'image de Laplace affirmant que « la nature de cette modification singulière en vertu de laquelle un corps est transporté d'un lieu dans un autre, est et sera toujours inconnue. Elle a été désignée sous le nom de *force* : on ne peut déterminer que ses effets et la loi de ses actions.[9] »

On remarque toutefois que Comte ne met pas non plus en avant la transposition axiomatique qu'il opère entre le mouvement et la force. Il demeure

8. Pour Lagrange (1788, p. 1) : « On entend en général par force ou puissance la cause, quelle qu'elle soit, qui imprime ou tend à imprimer du mouvement au corps auquel on la suppose appliquée. »

9. Cf. Laplace, *Exposition du système du monde*, livre III, chap. I : « Des forces, de leur composition et de l'équilibre d'un point matériel » (p. 185). Le texte est le même dans le *Traité de mécanique céleste*, livre I, chap. I : « De l'équilibre et de la composition des forces qui agissent sur un point matériel ».

même muet sur ce point. La première raison probable à cette discrétion est qu'il compte sur l'autorité de Galilée pour valider, aux yeux du lecteur, l'ordre de présentation qu'il adopte. Mais probablement peut-on trouver une deuxième raison à travers l'énoncé du théorème qu'il présente dans les mêmes termes que ceux de Laplace aussi bien dans l'*Exposition du système du monde* que dans le *Traité de mécanique céleste*, à savoir la proportionnalité entre la force et la vitesse. Bien que ce théorème ne figurerait pas dans un manuel de mécanique d'aujourd'hui, Comte passe sous silence l'aspect logique relatif à l'inversion entre vitesse et force. En effet, dès lors que l'on considère qu'il n'y a qu'une relation de « proportionnalité » entre les deux grandeurs, la réversibilité de l'énoncé ne semble pas justifier aux yeux de Comte de devoir préciser au lecteur les raisons de ce choix. Si la force est proportionnelle à la vitesse alors la vitesse est proportionnelle à la force ; seul le coefficient de proportionnalité est modifié, mais non pas la nature de la relation, à savoir, la proportionnalité.

Enfin, les commentaires de Comte dans le *Cours* à propos d'une éventuelle démonstration *a priori* de cette loi, sont très clairs et font écho à l'avertissement adressé au lecteur dès l'introduction de la quinzième leçon : « Daniel Bernoulli, d'Alembert, et, de nos jours, Laplace, ont essayé de prouver la règle élémentaire de la composition des forces par des démonstrations uniquement analytique, dont Lagrange seul a bien aperçu l'insuffisance radicale et nécessaire. » (Comte, 1830/1998, p. 227 [15e leçon]). Comte rejette d'emblée et de manière très nette le caractère *a priori* d'une telle loi et revendique *a contrario* son caractère exclusivement a posteriori : « C'est donc seulement comme simple résultat général de l'observation et de l'expérience que cette loi peut être en effet solidement établie. » (Comte, 1830/1998, p. 236 |15e leçon]).

6. Loi de réciprocité

S'agissant enfin de la loi de réciprocité, les commentaires de Comte à son endroit sont aussi brefs dans le *Cours* que dans le *Traité*. Dans les deux cas en revanche, il insiste à nouveau sur le fondement exclusivement expérimental de cette loi, rejetant à nouveau de manière explicite toute démonstration *a priori*. Il la rattache à Newton dans la mesure où elle figure effectivement au troisième rang des « axiomes ou lois du mouvement » que Newton expose dès la première édition des *Principia*, en 1687.

Chez Newton en effet, cette loi des actions réciproques est introduite afin de rendre raison soit de l'impénétrabilité des corps dans le cas de la compres-

sion, soit de la cohésion des corps dans le cas de la traction : autrement dit pour des actions de contact. Il se trouve qu'au bout du compte, elle vaut aussi pour la loi de la gravitation, mais dans ce cas, il ne s'agit plus d'une loi tirant sa légitimité de l'expérience, mais de la déduction, puisqu'il s'agit alors d'un théorème. Or, le fait que Comte reprenne tel quel l'énoncé de cette loi sans juger nécessaire de commenter un tant soit peu cet aspect théorique, montre s'il en était encore besoin combien son souci n'est pas d'examiner l'aspect logique des fondements de la mécanique, mais bien d'en sanctionner le caractère positif. En revanche, il n'y a rien d'étonnant dès lors qu'il précise combien cette loi de réciprocité est indispensable pour développer la mécanique de d'Alembert, qui est aussi celle de Lagrange et qui permet de justifier l'introduction des équations de liaison entre des corps impénétrables en contact. Le caractère mathématique de ces équations qui paraitra bien trop excessif à Poisson, ne semble pas poser de difficulté majeure aux yeux de Comte, pourvu que le caractère expérimental demeure sauf. À défaut de promouvoir une « mécanique physique » comme le souhaite Poisson, Comte semble préférer avant toute chose une mécanique positive.

7. Vers une « mécanique sociale » ?

Enfin, une remarque importante vient clore les commentaires de Comte sur les lois du mouvement dans le *Traité*, et il est d'ailleurs intéressant de souligner que ce type de remarque ne figure pas dans le *Cours*, comme s'il s'agissait pour Comte d'un aboutissement ; une réflexion d'ordre général résultant d'une longue méditation sur l'importance des lois du mouvement, émergeant à l'issue de la rédaction de l'ensemble des leçons du *Cours de philosophie positive*, lequel se termine par les leçons sur la physique sociale.

Comte affirme : « Enfin, pour rendre aussi philosophique que possible la conception de ces trois grandes lois mécaniques, il faut envisager chacune d'elles comme constituant, envers les plus simples phénomènes naturels, la première manifestation scientifique d'une loi plus étendue, qui embrasse simultanément tous les phénomènes quelconques, sans excepter les plus complexes, ceux qui concernent les sociétés humaines. Dans tous, en effet, on peut également observer soit la tendance spontanée à la persistance indéfinie de chaque situation existante, soit la conciliation naturelle de toute action vraiment commune avec les diverses actions partielles, soit aussi l'égalité constante entre la réaction et l'action en toutes sortes de relations mutuelles. Spécialement envisagées envers les corps politiques, la première loi s'y rapporte à leur énergique tendance ins-

tinctive à conserver toute disposition acquise, la seconde caractérise l'harmonie élémentaire entre l'ordre et le progrès, et la troisième y définit la solidarité nécessaire de tous les divers agents. » (Comte, 1844/1985, p. 397).

Les lois du mouvement ne seraient donc pas seulement une manifestation d'un ordre physique, mais aussi d'un ordre social. En affirmant cela Comte étend leur donc universalité depuis les faits mécaniques jusqu'aux faits sociaux. En traversant de la sorte l'ensemble des sciences expérimentales depuis les plus simples jusqu'aux plus complexes, Comte fait subrepticement basculer le lecteur de l'examen des sciences positives vers l'édification du positivisme. Alors que dans le *Cours*, le projet initial consistait à ordonner et assainir la constitution et l'agencement des sciences entre elles, dans le *Traité* en revanche Comte affirme de manière beaucoup plus nette par le biais de cette remarque finale que son ambition est de révéler une universalité nouvelle, une coordination totale entre les phénomènes les plus simples et les plus complexes. La lignée qu'il met en avant donne la mesure de l'ampleur de son projet. Rien d'étonnant que ce genre de généralisation figure dans le discours de Comte sur l'astronomie quand on sait l'attachement qui est le sien pour cette discipline en tant que modèle de science positive.

Mais dans le même temps, un lecteur avisé sait qu'on ne trouve évidemment pas une telle généralisation dans les traités de mécanique ou d'astronomie ; qu'elle peut même paraitre outrancière pour un lecteur savant versé dans l'une ou l'autre de ces disciplines au point que cette remarque parait plus comme une manière pour Comte de quitter le domaine des sciences pour entrer seul dans celui d'une philosophie dont il souhaite assoir les fondements sur les sciences positives. En forçant la main aux lois de la mécanique, en voulant leur faire dire ce qu'elles ne disent pas, Comte sort discrètement du domaine des considérations sur la positivité des sciences. Car, bien loin de développer son affirmation en l'étayant par des références à d'autres auteurs comme il le fait par ailleurs, il reprend le cours de son exposé sans s'attarder plus longtemps, comme si l'étrangeté de son affirmation avait davantage pour but de susciter la curiosité voire l'émerveillement de son lecteur plutôt que de provoquer le discrédit sur le vaste projet positiviste.

8. Conclusion

La question des lois du mouvement chez Comte est emblématique de la tâche qu'il se fixe à lui-même : revisiter l'ensemble des sciences de son temps pour en dégager un panorama philosophiquement satisfaisant. Comte traite

des lois du mouvement comme de n'importe quelle autre loi naturelle : il ne conserve de leurs énoncés que ce qui sied aux exigences d'une science positive. Quand bien même ces lois du mouvement se posent en axiome de la mécanique — et donc aussi de l'ensemble de la physique qui suit — ce n'est pas leur valeur principielle que Comte veut mettre en lumière, mais leur valeur de « faits généraux ». Plus encore, en rejetant toute sorte de démonstration *a priori* Comte fait de la mécanique une science exclusivement empirique au risque de négliger ce qui relève de l'expérience de pensée pour la loi de la persévérance, du postulat pour la superposition des mouvements (ou des forces), ou de la déduction théorique s'agissant de la loi de la réciprocité. Car, dit-il, « il serait étrange, en effet, pour quiconque envisage directement la question sous un point de vue philosophique que, par de simples combinaisons logiques, l'esprit humain pût ainsi découvrir une loi réelle de la nature, sans consulter aucunement le monde extérieur. » (Comte, 1830/1998, p. 238 [15e leçon]).

Mais Comte n'envisage pas non plus de faire table rase. Étonnement, l'effort considérable qu'il entreprend pour assainir les sciences n'aboutit pas sur une mécanique nouvelle. Et les leçons du *Cours* notamment réinvestissent les concepts qu'il ne manque pourtant pas de critiquer par ailleurs ; tout au plus regrette-t-il l'usage d'une certaine terminologie. Autrement dit, sans envisager de réformer les sciences, Comte entreprend toutefois dans un même mouvement, de montrer leur origine empirique tout en insistant sur leur aspect universel et ceci se manifeste de manière édifiante à travers la présentation très personnelle qu'il fait des lois du mouvement. Il veut faire de ces énoncés dont il ne peut ignorer combien ils sont au fondement de la physique, un exemple éclatant d'une sorte d'universalité de fait. « Il importe de remarquer, envers ces trois lois essentielles, l'universalité complète de leur application générale. » (Comte, 1844/1985, p. 397). Ici Comte atteint les limites de sa méthode philosophique, car l'universalité ne relève pas seulement du *fait général*. L'universalité dépasse les faits en les faisant procéder d'un principe régulateur. En sorte que l'universalité est une règle de droit et non de fait. Pour autant, Comte reste résolument du côté positif en tentant de fabriquer un universel de fait qui primerait en tout face à un universel de droit : voilà le tour de force que Comte tente de réaliser à travers sa relecture des lois du mouvement. Admettre l'existence d'une loi universelle dont les articles qui la constituent sont exclusivement dévoilés à la faveur de faits nouveaux, telle une jurisprudence pour les lois naturelles depuis celles qui portent sur les phénomènes les plus simples et qui concernent l'ensemble des corps matériels, jusques et y compris celles qui portent sur les phénomènes les plus complexes et qui concernent l'ensemble du corps social.

Bibliographie

Bailhache, P. (1975). *La théorie générale de l'équilibre et du mouvement des systèmes de Poinsot*. Paris : Vrin.

Comte, A. (1985). *Traité philosophique d'astronomie populaire*. Paris : Fayard. Édit. orig. : 1844.

Comte, A. (1998). *Cours de philosophie positive I : leçons 1 à 45* (présentation et notes par M. Serres, F. Dagognet, A. Sinaceur ; nouvelle édition, revue et corrigée). Paris : Hermann éditeurs des sciences et des arts. Édit. orig. : 1830, 1835, 1838.

Koyré, A. (2016). *La révolution astronomique : Copernic, Kepler, Borelli*. Paris : Les belles lettres. Édit. orig. : 1961.

Lagrange, J.-L. (1788), *Mécanique analytique* (1re édition). Paris : Desaint.

Laplace, P. S. de (1798 [an VII]). *Traité de mécanique céleste*. Paris : J. B. M. Duprat.

Laplace, P. S. de (1984). *Exposition du système du monde*. Paris : Fayard. Édit. orig. : 1796.

Newton, I (1990). *Principes mathématiques de la philosophie naturelle* (trad. Émilie du Châtelet d'après édition originale de 1726), Paris : Jacques Gabay. Édit. orig. : 1759.

Poisson, D. (1811). *Traité de mécanique*. Paris : Courcier.

Revue des Questions Scientifiques, 2021, 192 (3-4) : 403-408

Analyse critique

L'algèbre à l'épreuve du temps

Godofredo Iommi Amunátegui
Instituto de física
Pontificia universidad católica de Valparaíso
godofredo.iommi@pucv.cl

Gavin (Jérôme) – Schärlig (Alain), *Et l'algèbre fut : de l'al-jabr au 9e siècle au signe égal en 1557*. – Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, 2020. – 168 p. – 1 vol. broché de 16 × 24 cm. – isbn 978-2-88915-400-5.

Cet ouvrage présente un pari et un défi dont il faut percer la portée. Les auteurs posent leurs cartes sur la table d'entrée de jeu. Il est loisible d'en dresser l'inventaire : 1°) « C'est l'occasion d'énoncer une originalité que nous voulons donner à notre livre, vis-à-vis de la plupart de ceux qui traitent de l'histoire de l'algèbre. Ceux-ci suivent la pensée à travers les siècles [...]. Ce que nous voulons en revanche, c'est décrire l'instrument qu'a été l'algèbre pour ses utilisateurs au cours du temps [...]. Ce qui est de l'arithmétique restera donc en arithmétique [...] : traduire le procédé en langage algébrique pourrait lui faire perdre son essence, qui est l'application d'un algorithme, c'est-à-dire d'une recette » (pp. 25-26) ; 2°) « Recourir à l'algèbre pour expliquer un calcul figurant sur un papyrus égyptien nous semble tout à fait regrettable, car c'est ignorer que le scribe ne pouvait pas raisonner comme nous le faisons. Cette attitude relève d'une intention plus large : ne pas mélanger nos connaissances d'aujourd'hui avec celles d'autrefois » (p. 35) ; 3°) cette « hypothèse de travail » est suivie et soutenue tout au long du texte. Une image en éclaire le sens, sinon la signification : « Dans le rétroviseur d'une voiture, on voit en principe la zone qu'on vient de traverser. Disons que c'est le passé. Mais on peut par accident se voir

soi-même. On se met en scène dans le passé. Évitons le syndrome du rétroviseur ! » (p. 35)[1]. Je reviendrai sur ces propos, mais auparavant il convient d'avoir bien en vue le sommaire de l'opus. Le voici : « Mise en bouche – L'arrivée de l'algèbre : un changement de mentalité » ; chap. zéro : « Conjectures : la gestation vers l'an 800 » ; chap. 1 : « Al Khwarizmi : la naissance de l'algèbre, à Bagdad » ; chap. 2 : « Abu Kamil : l'approfondissement, en arabe » ; chap. 3 : « Al Karaji, Omar Khayyam : l'élargissement, en arabe encore » ; chap. 4 : « Robert de Chester, Gérard de Crémone, le *Liber mahameleth* : des étincelles en Espagne, en latin » ; chap. 5 : « Léonard de Pise : le départ de feu en Italie, en latin » ; chap. 6 : « Avec l'imprimerie : deux symboles au service de l'algèbre » ; chap. 7 : « Luca Pacioli, Estienne de la Roche, Heinrich Schreyber : l'algèbre imprimée, enfin ! » ; chap. 8 : « L'indépendance : des *livres* d'algèbre, uniquement » ; chap. final : « On s'arrête-là ! (mais l'histoire continue) »[2].

L'expression « boîte à outils » revient souvent sous la plume de Gavin et Schärlig pour désigner l'algèbre[3]. Pourtant les choses ne sont pas si simples et ils le savent fort bien : « Les Anciens ont pensé le *vrai* (Règle de trois) et le *faux* (méthodes indirectes : *Regula falsi*) simultanément et puis ils ont pensé l'*inconnu*. Ce qui est un effort de pensée extraordinaire. Fruit de cette troisième attitude qui marque un changement de cap fondamental dans l'histoire du calcul, l'algèbre est un être mathématique en soi. La méthode de calcul s'est transformée en un art majeur » (pp. 8-9).

Souvent la trouvaille naît d'une rencontre inattendue. Al-Khwârizmî compose en un seul mouvement musical « deux moyens originaux de manipuler l'inconnue : le *jabr*, art de restaurer, et la *muqābala*, art de réduire » (p. 34). La signification originelle de *al-jabr* porte sur la réduction d'une fracture ou le fait d'ajouter quelque chose, d'où le sens de restaurer[4]. Quant à la *muqābala* c'est l'action de confronter ou de mettre face à face ; le mot évoque une comparaison et partant le constat que deux choses sont égales » (p. 18)[5]. Il s'agit de mettre

1. Je me permets de rappeler cet avertissement que l'on trouve inscrit sur nombre de rétroviseurs : « Objects in mirror are closer than they appear ». Il est bon, donc, de prendre garde à la distance.
2. La bibliographie privilégie les sources. La littérature secondaire est bien pourvue. Pour ma part, j'y regrette, en particulier, l'absence de Florian Cajori (1928/1993) et d'Adolf P. Youschkevitch (1976).
3. Cf. pp. 10, 13, ..., 146, 152.
4. À l'époque de Cervantes, en espagnol, « algebrista » désignait, aussi, un médecin qui « redressait les os », c'est-à-dire dont le métier était de réduire une fracture.
5. Le récit secret de l'algèbre, pourrait-on dire, se cache, en plein jour, dans le passage du langage « rhétorique » au langage « symbolique ». Ainsi les mots « chose », « plus », « moins », « égal » se transforment en « x », « + », « - », « = »).

le problème en forme et pour ce faire l'art est de réunir les éléments en deux groupes — dont l'un contient l'inconnue — et « en s'arrangeant à ce qu'on puisse déclarer le premier égal au second [...]. Le raisonnement inclut une chose inconnue *comme si*[6] on la connaissait. Ensuite on procède à des modifications sur les deux parties à la fois de telle manière que l'égalité continue d'être vraie » (p. 15).

La pensée mathématique tient tout entière en ce « comme si » où le possible se recueille comme si de rien n'était. L'*Ars Inveniendi* y prend son envol. Al-Khwârizmî signale : « J'ai trouvé les nombres dont on a besoin dans le calcul d'*al-jabr* et d'*al-muqābala*, selon trois modes qui sont les racines, les carrés, et les nombres simples [...]. Le carré est ce qu'on obtient lorsqu'on multiplie la racine par elle-même. Le nombre simple est un nombre qu'on exprime sans qu'il ne soit rapporté ni à une racine, ni à un carré » (p. 20). Ces trois objets ainsi définis, la deuxième étape est d'établir un lien entre ceux-ci. Muni de ces éléments, le mathématicien persan construit six genres d'équations. Ce schéma opératoire — et conceptuel — se retrouve, près de sept siècles après, dans le premier livre[7] « consacré exclusivement à l'algèbre écrit en allemand par Christoff Rudolff » (pp. 121-123).

Il est temps de reprendre le fil de l'idée clef de l'ouvrage : « On oublie trop souvent de se mettre dans la peau de l'Ancien » (p. 35). Certes. Mais, à la limite, n'est-ce point une chimère que l'historien poursuit parmi les documents et les vestiges dont il dispose et qui lui sont familiers ? Cette question ne cache nul scepticisme, mais bien au contraire indique les contours d'une recherche qui est infinie. Jadis Montesquieu, dans ses *Lettres Persanes*, s'exerçait à un jeu bien différent : « Les Persans qui écrivent ici étoient logés avec moi, nous passions notre vie ensemble. Comme ils me regardoient comme un homme d'un autre monde, ils ne me cachoient rien [...]. Je ne fais donc que l'office de traducteur : toute ma peine a été de mettre l'ouvrage à nos mœurs » (Montesquieu, 1949, pp. 130-131). Montesquieu invente un miroir, posé sur le présent, sur lequel se reflète le présent. Sous le Persan perce la fiction dont l'auteur tient les rênes bien en main. L'historien, quant à lui, dresse son chevalet, ici et maintenant, pour peindre le passé, mais il demeure à jamais « un homme d'un autre monde ». Gavin et Schärlig notent : « La traduction de Diophante d'Ibn Luqa comporte un vocabulaire, dans les quatre livres produits par lui en arabe, qui ne correspond pas toujours à celui qu'emploie Diophante dans les six livres dont on connaît le texte grec. Son travail nous permet de savoir de quoi parlait

6. Nous soulignons.
7. Imprimé à Strasbourg en 1525.

Diophante, mais il ne nous permet pas de savoir comment il l'a dit puisque son message nous est ainsi transmis à travers le filtre de l'algèbre arabe naissante » (p. 51). Le regard de l'historien des sciences doit traverser un tel filtre, bien plus subtil, je pense, que le rétroviseur qui lui renvoie l'image du passé. La question prend, donc, un autre tour : le temps peut-il devenir transparent ? C. Truesdell dessinait jadis le portrait idéal de l'historien des sciences. Celui-ci devait connaître tous les aspects imaginables des périodes des auteurs qui étaient l'objet de son étude. Ainsi devait-il être à même de se sentir chez lui « in houses of those times, sit easily in their chairs... ». Toutefois il ajoutait qu'en dernier lieu « we should still have to meet them even though only through their surviving writ » (Truesdell, 1984, pp. 441-442). Pourtant peut-on faire fi de soi-même à bon escient ? Voici un véritable cas d'espèce : Al-Karaji[8] « ne résout pas une équation comme ses prédécesseurs [...] : il remplace l'habituelle recette numérique, qui consistait en une suite d'opérations, par une solution algébrique [...] nécessitant par ailleurs une plus grande capacité d'abstraction » ; or, à y bien réfléchir, « les calculs sous-jacents sont certes apparemment les mêmes *pour nous* mais ils ne le sont pas pour son lecteur » (pp. 54-55). En l'occurrence, l'historien des sciences est affublé du prestige des magiciens. En effet, il apprécie le virage théorique d'Al-Karaji et, en même temps, « il se met dans la peau » d'un persan ou d'un arabe du Xe siècle. Il vit donc dans deux mondes à la fois, le présent et le passé, et — qui plus est — il peut conter et raconter cet état des choses. Le rétroviseur et le filtre se sont évanouis. Chemin faisant, une mise en abyme semble se concevoir dans la dissection accomplie.

En tout état de cause, les auteurs envisagent avec lucidité un premier écueil qui surgit sur la route du chercheur : le langage. Ainsi à propos du *Liber Abbaci* de Leonardo Pisano ils remarquent : « Quant à la traduction française des passages que nous choisirons [...] elle sera par obligation de notre cru [...] c'est en effet le lot des historiens du calcul, que de devoir traduire eux-mêmes la plupart des ouvrages qu'ils commentent : ceux-ci n'intéressant qu'un public très restreint, ils n'incitent que rarement un éditeur à tenter la publication d'une traduction ! » (p. 77)[9].

Les figures du livre de Gavin et Schärlig sont en tout point remarquables ainsi que le souci d'exactitude du commentaire qui leur est adjoint. À titre d'exemple, la figure 8.6 (p. 127) présente la page de titre de l'*Arithmetica* de

8. Dont on connaît la date de naissance avec précision : le 13 avril 953.
9. À ce jour on ne dispose que d'une seule traduction intégrale du *Liber Abbaci*, en anglais, due à L. Sigler (2002). Il convient de lire le compte rendu de Fabio Acerbi (2021) portant sur une récente édition de l'œuvre de Fibonacci.

Stifel avec l'indication d'une préface due au réformateur Philipp Melanchton et les auteurs soulignent le fait que « celle-ci ne faisait manifestement pas l'unanimité parmi les acheteurs du livre puisque celui qui a détenu cet exemplaire en a biffé la mention ! » (*ibid.*). Cette biffure met sous les yeux du lecteur l'indice d'un coup de rage datant, peut-être, du XVIe siècle[10]. Par contre le style de l'ouvrage est hésitant. Souvent le ton épouse celui d'un conférencier qui s'évertue à éveiller l'attention d'un auditoire quelque peu assoupi : « La star de cette saga sera donc Al-Khwarizmi... » (p. 9) ; « ... c'est époustouflant quand on ne s'y attend pas... » (p. 24) ; « ... Ibn Luqa a joué le rôle d'une piqûre de rappel... » (p. 51) ; « La cerise sur le gâteau : Omar Khayyam » (p. 58) ; « ... l'apparition des deux symboles "tout bêtes" que sont le plus et le moins » (p. 88) ; « Cet apparent charabia nécessite une explication... » (p. 123). Etc., dois-je préciser.

L'invention de l'algèbre est une pure merveille et, partant, l'émerveillement est de mise. Au coin d'une phrase on demeure pensif. Ainsi prêtons oreille à Omar Khayyam :

> « Les solutions en algèbre ne s'effectuent que par l'équation, je veux dire en égalant ces degrés les uns aux autres [...]. Et si l'algébriste emploie le carré-carré dans des problèmes de géométrie, c'est métaphoriquement [...] étant donné qu'il est impossible que le carré-carré fasse partie des grandeurs. Ce qui se trouve dans les grandeurs, c'est d'abord une seule dimension, c'est-à-dire la racine, ou, rapportée à son carré, le côté. Pour les deux dimensions c'est-à-dire la surface, le carré dans les grandeurs est donc la surface carrée. Enfin les trois dimensions, c'est-à-dire le corps, le cube dans les grandeurs est le solide limité par ses carrés. Or, comme il n'existe aucune autre dimension, ne font parties des grandeurs ni le carré-carré ni, à plus forte raison, ce qui lui est supérieur... » (pp. 60-61).

Nombre de siècles plus tard et dans un contexte fort différent, Blaise Pascal dit :

> « Car il faut remarquer que, comme la simple somme de ces lignes fait un plan, ainsi leur somme triangulaire fait un solide [...]. De la même sorte, la somme pyramidale des mêmes ordonnées fait un plan-plan, composé d'autant de solides qu'il y a des portions dans l'axe [...]. Et l'on ne doit pas être blessé de cette quatrième dimension » (Pascal, 1954, pp. 238-239).

La similitude de l'argument suivi par les deux mathématiciens est évidente. Et ce, dans les détails les plus fins de la texture conceptuelle. La beauté de sem-

10. Ce trait, tracé sans doute d'une main frémissante, efface le passage des siècles. Le temps est devenu transparent.

blable coïncidence illumine la lecture de ce livre consacré à l'histoire de l'algèbre[11].

Bibliographie

Acerbi, F. (2021). L'édition critique du « Liber Abbaci » de Fibonacci. *Revue des Questions Scientifiques*, 192(1-2), 193-198.

Bosmans, H. (1923). Sur l'interprétation géométrique donnée par Pascal à l'espace à quatre dimensions. *Annales de la Société scientifique de Bruxelles*, 42(1re partie), 337-345.

Cajori, F. (1993). *A History of Mathematical Notations*. New York : Dover Pub. Édit. orig. : 1928.

Montesquieu (1949). *Œuvres complètes I* (texte présenté et annoté par R. Caillois). (La Pléiade). Paris : Gallimard.

Pascal, B. (1954). *Œuvres complètes* (édition établie et annotée par J. Chevalier). (La Pléiade). Paris : Gallimard.

Sigler, L. (2002). *Fibonacci's Liber Abaci*. New York : Springer.

Truesdell, C. (1984). *An Idiot's Fugitive Essays on Science*. New York : Springer-Verlag.

Youschkevitch, A. P. (1976). *Les mathématiques arabes : VIIIe-XVe siècles* (traduction de M. Cazenaze et K. Jaouiche). Paris : Vrin.

11. À ma connaissance, Henri Bosmans fut le premier qui se pencha sur ces pages de Pascal dans un article qui date de 1923 : *Sur l'interprétation géométrique donnée par Pascal à l'espace à quatre dimensions*. Il y éclaire les moindres méandres du texte. À mon avis, cette minutie ne s'en tient pas à une description toute simple : il donne à voir le travail mathématique tel quel. Je risque une hypothèse hardie : il me semble qu'en donnant la parole à ce qui s'offre à la vue, Bosmans effleure une phénoménologie des mathématiques en un sens husserlien.

Analyse critique

Georges Lemaître

Vitalité des études récentes sur le père du Big Bang

Dominique Lambert
Université de Namur
Département de Sciences, philosophies et sociétés
dominique.lambert@unamur.be

Lemaître (Georges), *Learning the Physics of Einstein with Georges Lemaître : Before the Big Bang Theory* / editors : Jan Govaerts and Jean-François Stoffel ; translated by Christine Leroy and Stephen Lyle. – Cham : Springer International Publishing, 2019. – xiv, 257 p. – 1 vol. relié de 16 × 24 cm. – 84,79 €. – isbn 978-3-030-22029-7.

Lemaître (Georges), *L'ipotesi dell'atomo primitivo : saggio di cosmogonia* / traduzione e introduzione di Mauro Stenico. – Trento : Fondazione museo storico del Trentino, 2019. – 243 p. – (Passati Presenti, 5). – 1 vol. broché de 11,5 × 19,5 cm. – 15,00 €. – isbn 978-88-7197-249-7.

Lemaître (Georges), *La naissance du big bang*. – Québec : PUL, 2020. – 261 p. – (Réminiscences). – 1 vol. broché de 11 × 18 cm. – 15,95 $. – isbn 978-2-7637-4839-9.

Bergson Lendja Ngemzue (Ange), *La question cosmologique : Platon, Lemaître et l'origine de l'Univers* / préface de Luc Brisson. – Paris : L'Harmattan, 2021. – 243 p. – (Ouverture philosophique, série Bibliothèque). – 1 vol. broché de 16 × 24 cm. – 26,00 €. – isbn 978-2-343-22473-2.

Ces dernières années, la vie et l'œuvre de Lemaître ont fait l'objet d'un regain d'intérêt. Après avoir été longtemps et injustement éclipsés, les travaux du cosmologiste de Louvain sont revenus à l'avant-plan. Des institutions internationales y ont contribué avec force. L'Agence spatiale européenne a baptisé en 2014 du nom de Lemaître le véhicule ravitailleur, ATV-5 (*Automated Transfer Vehicle 5*), de la Station spatiale internationale (ISS) et l'Union astronomique

a, après des débats profonds, décidé de donner, en 2018, à ce que l'on appelait autrefois la « Loi de Hubble » le nom de loi de « Hubble-Lemaître ».

La remise à l'honneur des travaux cosmologiques de Lemaître est parfaitement justifiée, puisque ce dernier a, en 1927, proposé pour la première fois un modèle d'univers en expansion, fondé sur la relativité générale, décrivant le décalage vers le rouge du spectre lumineux des galaxies lointaines (Lemaître, 1927). Ce faisant, il est le premier qui introduit véritablement, en physique, la notion d'histoire *de l'univers*. En 1931, il propose un modèle d'univers en expansion (différent de celui de 1927) caractérisé par une singularité initiale (c'est le début de la théorie dite du *Big Bang* !) et par une accélération récente du facteur d'échelle de l'univers, liée à la constante cosmologique dont il soulignera, avec raison et contre l'avis d'Einstein, l'importance. Le modèle de 1931 sera associé à l'hypothèse de l'*Atome primitif* (Lemaître, 1931 ; trad. fr. : 1946, 1997[a]) : un quantum initial d'énergie-matière qui, selon le cosmologiste de Louvain, se désintègre, tissant progressivement l'étoffe de l'espace-temps et le peuplant de ses produits de désintégration. En fait, en 1931, Lemaître songe déjà à l'existence d'un « rayonnement fossile », témoin des premiers moments de l'histoire d'univers. Le cosmologiste pensait, à tort, que ce rayonnement était formé des particules hautement énergétiques (les rayons cosmiques) issues de la fission de l'*Atome primitif*. Ceci explique que, du début des années trente à la fin de sa carrière (1964), il consacra beaucoup de temps et d'énergie à étudier les caractéristiques des trajectoires des particules chargées arrivant dans la haute atmosphère, piégées dans le champ magnétique de la Terre. Ce faisant, Lemaître donna naissance à la théorie des ceintures de Van Allen ce qui lui valut d'être approché par des responsables de la recherche spatiale des USA ! On peut dire que, pratiquement, toutes les caractéristiques du modèle cosmologique qui est validé aujourd'hui par les observations avaient été proposées par Lemaître. Ses contributions à la physique contemporaine ne se limitent pas du tout à cela. Il faudrait se pencher sur l'un de ses articles techniques moins connus de 1933 (Lemaître, 1933 ; trad. angl. : 1997[b] ; Krasinski, 1997), pour découvrir qu'il contribua de manière originale et pionnière à la théorie qui deviendra celle des trous noirs et à l'étude d'un modèle d'univers homogène, mais *anisotrope* (étudié plus tard par Bianchi).

* * *

La remise à l'honneur de la personne et des travaux de Lemaître s'est accompagnée, en 2019 et 2020, de publications intéressantes à la fois fondamentales et « grand-public ».

Il faut tout d'abord souligner l'excellente traduction anglaise, réalisée par Christine Leroy et Stephen Lyle, du texte *La physique d'Einstein*, accompagnée d'une édition critique rigoureuse du texte original, réalisée et présentée par deux professeurs renommés : Jan Govaerts, physicien théoricien, ancien Doyen de la Faculté des sciences de l'UCLouvain et responsable des Archives Georges Lemaître, et Jean-François Stoffel, historien des sciences qui fut, dès 1994, l'éditeur de la première publication de *La physique d'Einstein* (Lemaître, 1996, pp. 223-360), mais aussi de l'essai exégétique, probablement écrit en partie durant la Première Guerre, intitulé *Les trois premières paroles de Dieu* (Lemaître, 1996, pp. 107-111).

Grâce au travail minutieux de Govaerts et Stoffel, nous pouvons aujourd'hui prendre pleinement la mesure des connaissances exceptionnelles que le jeune Lemaître avait acquises en relativité restreinte et générale, alors qu'il était, par ailleurs, en train de poursuivre sa formation ecclésiastique à la « Maison Saint Rombaut », le séminaire pour vocations tardives érigé par le Cardinal Mercier à Malines. *La physique d'Einstein* est ce moment crucial, dans la vie scientifique de Lemaître, qui met en place les éléments fondamentaux qui vont lui servir à déployer tous ses travaux cosmologiques futurs. Et c'est bien pourquoi une édition aussi précise que celle que nous présentons est essentielle pour tout chercheur qui voudra dans le futur apprécier correctement les contributions de Lemaître. *La physique d'Einstein* joua — on le sait — un rôle très important dans la carrière du cosmologiste de Louvain, puisque c'est ce texte qui lui permettra de remporter le Concours des bourses de voyage du Ministère des sciences et des arts de Belgique, lui donnant ainsi la possibilité de partir, après son ordination sacerdotale, à Cambridge (UK) en 1923-1924, et de commencer l'exceptionnel parcours scientifique que l'on connait !

L'originalité du travail d'édition de Govaerts et Stoffel se marque aussi dans la publication, jusque-là inédite, de la correspondance, conservée aux Archives Georges Lemaître à Louvain-la-Neuve, entre Lemaître et son professeur d'astronomie Maurice Alliaume qui fut aussi l'un des membres du jury du Concours des bourses de voyage. On découvre, entre autres, grâce à cette correspondance, comment et quand ont débuté les liens entre le grand théoricien de l'ULB Théophile De Donder et le jeune Lemaître, ce dernier ayant reçu du premier en 1923, par l'intermédiaire d'Alliaume, un livre qui marquera le début de sa vie de physicien : la *Mathematical Theory of Relativity* d'Eddington.

Ce très beau travail d'édition s'accompagne d'une bibliographie sélective qui donnera certainement au lecteur l'envie d'approfondir sa connaissance de l'œuvre du cosmologiste de Louvain.

* * *

Le livre, *La naissance du big bang* de Jean-René Roy, astrophysicien de l'Université Laval, ayant travaillé à l'Observatoire international Gemini (Hawaii et Chili), à la National Science Foundation (USA) et au Space Telescope Science Institute (USA), offre une présentation très agréable de cinq textes sur la cosmologie, écrits par Georges Lemaître à destination du grand public. Roy accompagne chaque texte d'un petit chapitre qui permet au lecteur d'apprécier l'originalité des contributions de Lemaître et de les mettre en perspective avec les acquis des recherches les plus récentes. Une belle postface sur la réception de l'hypothèse de l'Atome primitif et un lexique viennent compléter, de manière adéquate, cet ouvrage qui fera le bonheur des lecteurs qui, sans technicité mathématique, voudraient comprendre, à partir de textes de première main, la portée de l'œuvre cosmologique de Lemaître. Ce livre, illustré de quelques photos originales, vient compléter à merveille un autre livre plus ancien et plus technique : A. Friedmann et G. Lemaître, *Essais de cosmologie, précédés de « L'invention du Big Bang » par Jean-Pierre Luminet* (Friedmann & Lemaître, 1997).

* * *

Un autre ouvrage mérite notre attention : celui de Mauro Stenico, philosophe et historien des sciences, qui a déjà publié une très intéressante étude sur le cosmologiste louvaniste. Il s'agit d'une traduction et présentation, en italien, du maître-ouvrage : *L'hypothèse de l'Atome primitif*, paru en 1945 avec une préface du mathématicien et philosophe suisse Ferdinand Gonseth. La traduction est parfaitement fidèle au texte d'origine et sa présentation permet de comprendre le contexte scientifique, mais aussi les problèmes suscités par la rencontre entre la cosmologie physique et la théologie de la création, spécialement en ce qui concerne les rapports entre commencement *naturel* (Big Bang) et création. À ce propos, le volume de Stenico se termine judicieusement par la traduction de deux textes significatifs de l'évolution de la position de Lemaître vis-à-vis des liens entre la science et la foi. D'une part, *Les trois premières paroles de Dieu* (« Le prime tre parole di Dio »), écrit aux accents concordistes rédigés vraisemblablement durant la Première Guerre et, d'autre part, *L'expansion de l'Univers* (« L'espansione dell'Universo »), une interview accordée par Lemaître en 1966 à Radio-Canada un mois avant sa mort et qui reprend, avec vigueur et précision, les éléments de sa cosmologie et l'expression d'une position qui distingue nettement les niveaux de la science et de la foi. Ce dernier est accompagné d'un document original : la traduction de la lettre adressée par

Maggy Rayet, de la direction de Radio-Canada, datée du 12 avril 1966 et qui explique pourquoi — et peut-être de manière étonnante — Lemaître a fait, dans son émouvante interview, une allusion à la théorie biologique de l'évolution !

* * *

Terminons par un dernier livre, bien écrit et bien documenté, rédigé par un docteur en philosophie et aussi en sciences politiques qui étudie, en détail, deux modèles visant à décrire l'univers : celui qui est donné par Platon dans le *Timée* et celui qui soutient l'*Hypothèse de l'Atome primitif* de Georges Lemaître. L'ouvrage est introduit par une très belle préface de Luc Brisson.

L'auteur, adoptant l'éternité de l'univers comme principe, commence par repousser l'hypothèse d'une explication de l'origine de l'univers par la référence à un acte créateur, l'idée de création étant qualifiée de « spéculation oiseuse » (p. 23). On s'étonnera sans doute de cette qualification, alors que le concept de création a fait l'objet de tant d'études profondes en *philosophie* (on peut penser ici au célèbre livre de A. D. Sertillanges, *L'idée de création et ses retentissements en philosophie*, Paris, Aubier, 1945 ou à ceux, plus récents, de P. Clavier, *Ex Nihilo*, t. 1 : *L'introduction en philosophie du concept de création*, t. 2 : *Les scénarios de sortie de la création*, Paris, Hermann, 2011). L'auteur repousse aussi symétriquement les explications de « cosmologues doctrinaires » (p. 23) pensants « une autocréation de l'univers à partir du vide ». L'auteur n'exclut nullement l'idée qu'une représentation de l'univers en totalité soit possible. On peut l'obtenir en suivant deux voies : l'une est celle qui s'en tient aux lois décrivant les données empiriques, sans plus. C'est la voie des « réalistes ». L'autre est celle qui introduirait, en plus des lois de la physique, des « artifices » conceptuels permettant de comprendre l'univers en sa structure et son histoire. C'est la voie de « l'artificialisme ». Pour l'auteur, ces artifices sont, d'une part, l'image du *démiurge* chez Platon et, d'autre part, celle de l'*Atome primitif* chez Lemaître. C'est ici l'originalité du livre que de souligner qu'une cosmologie ne peut éviter de faire référence à ce genre d'artifices, d'images qui sont au fond des « idées de la raison » au sens kantien et non des « concepts de l'entendement » (ces derniers étant les seuls qui sont admis par les « réalistes » au sens défini ci-dessus). En fait, l'auteur montre, par les deux penseurs qu'il étudie, qu'une vision du monde en totalité ne peut découler d'une science qui serait uniquement et strictement empirico-formelle. Elle requiert, en outre, un fondement qui échappe au champ des phénomènes et qui, de ce fait, se heurte inévitablement aux problèmes posés par les antinomies kantiennes. L'auteur

termine son ouvrage en affirmant que Platon et Lemaître se rejoignent sur ce point fondamental : « la nécessité de produire un artifice pour contourner l'approche traditionnelle de l'origine de l'univers ». On pourrait néanmoins se demander si, dans le cas de Lemaître, il s'agit moins de *contourner* cette question de l'origine (Lemaître croit profondément dans le fait que l'*origine* — métaphysique et théologique — du monde est liée à un acte de création) que de montrer que l'on peut intégrer la notion de *commencement naturel* (physique) de l'univers dans une vision scientifique (soutenue, et en cela Ange Bergson Lendja Ngnemzue a raison, par une image, un artifice, qui va bien au-delà des faits empiriques : l'Atome primitif) logiquement indépendante d'une notion d'origine « méta-physique ».

En lisant ce texte original et très clair, complété par une belle bibliographie (en particulier en ce qui concerne les œuvres de Lemaître), on sera sans aucun doute aussi tenté de se replonger dans les travaux de Jacques Merleau-Ponty, dont les questions, toujours actuelles, soutiennent l'intéressant et stimulant ouvrage d'Ange Bergson Lendja Ngnemzue.

* * *

Ces quatre livres, dont les trois premiers ont bénéficié de la richesse des Archives Georges Lemaître maintenant largement numérisées (Fillieux, 2020), sont désormais des incontournables pour tous les lecteurs désireux de s'initier aujourd'hui aux idées cosmologiques du chanoine de Louvain.

Bibliographie

Fillieux, V., Derauw, C., François, A., & Picron, D. (2020). Les « Archives Georges Lemaître » en mode 2.0. *Revue des Questions Scientifiques*, 191(3-4), 429-440.

Friedmann, A., & Lemaître, G. (1997), *Essais de cosmologie, précédés de « L'invention du Big Bang », par Jean-Pierre Luminet* (textes choisis, présentés, traduits du russe ou de l'anglais et annotés par J.-P. Luminet et A. Grib). (Sources du savoir). [Paris] : Éditions du Seuil.

Lemaître, G. (1927). Un univers homogène de masse constante et de rayon croissant, rendant compte de la vitesse radiale des nébuleuses extragalactiques (séance du 25 avril 1927). *Annales de la Société scientifique de Bruxelles*, série A : *Sciences mathématiques*, 47, 49-59.

Lemaître, G. (1931). The beginning of the world from the point of view of quantum theory. *Nature*, 127, 9 mai, n°3210, p. 706.

Lemaître, G. (1933). L'univers en expansion (séance du 3 mai 1933, 1re section). *Annales de la Société scientifique de Bruxelles*, série A : *Sciences mathématiques*, 53(2), 51-85.

Lemaître, G. (1946). *L'hypothèse de l'atome primitif : essai de cosmogonie* (préface de F. Gonseth). Neuchâtel : Éditions du Griffon.

Lemaître, G. (1996). *Mgr Georges Lemaître savant et croyant : actes du colloque commémoratif du centième anniversaire de sa naissance (Louvain-la-Neuve, le 4 novembre 1994), suivi de « La physique d'Einstein », texte inédit de Georges Lemaître* (édités par J.-F. Stoffel). (Réminisciences ; 3). Louvain-la-Neuve : Centre interfacultaire en histoire des sciences.

Lemaître, G. (1997a). L'origine du monde du point de vue de la théorie quantique. Dans Friedmann, A., & Lemaître, G. *Essais de cosmologie, précédés de « L'invention du Big Bang » par J.-P. Luminet* (textes choisis, présentés, traduits du russe et de l'anglais et annotés par J.-P. Luminet et A. Grib) (pp. 298-299). (Sources du savoir). Paris : Seuil.

Lemaître, G. (1997b). The expanding universe (traduction anglaise par M.A.H. Mac Callum). *General Relativity and Gravitation*, 29(5), 641-680.

Krasinski, A. (1997). Editor's Note : « The Expanding Universe ». *General Relativity and Gravitation*, 29(5), 637-640.

Stenico, M. (2017). *Dall'archè al Big Bang : Georges Edouard Lemaître e la grande narrazione cosmica*. Trento : Fondazione museo storico del Trentino.

Analyse critique

Philosophie de la biologie

Analyse critique d'une présentation des concepts opératoires de la biologie par des scientifiques

Jean-Michel Maldamé
Couvent des Dominicains (Toulouse)
Académie pontificale des sciences
Académie internationale des sciences religieuses
jean.michel.maldame@gmail.com

Philosophie de la biologie. – Vol. 1 : *Explication biologique, hérédité, développement* / textes réunis et introduits par Jean Gayon et Thomas Pradeu. – Paris : Librairie philosophique J. Vrin, 2020. – 442 p. – (Textes clés de la philosophie de la biologie). – 1 vol. broché de 11 × 18 cm. – 16,00 €. – isbn 978-2-7116-2936-7.

Philosophie de la biologie. – Vol. 2 : *Évolution, environnement, diversité biologique* / textes réunis et introduits par Jean Gayon et Thomas Pradeu. – Paris : Librairie philosophique J. Vrin, 2021. – 540 p. – (Textes clés de la philosophie de la biologie). – 1 vol. broché de 11 × 18 cm. – 16,00 €. – isbn 978-2-7116-2957-2.

Dans le contexte d'un retour de l'attention des philosophes au thème de la vie, l'ouvrage de Jean Gayon et Thomas Pradeux (J. G. et Th. P), composé par manière d'anthologie, retient l'attention. Dans le style des manuels pour étudiants se spécialisant en philosophie des sciences, il donne une large documentation où les travaux nord-américains sont au premier rang. Le titre de l'ouvrage est au singulier, affirmant ainsi que la biologie est unifiée par une philosophie qui lui est propre. Le but des deux volumes est de replacer son objet d'étude (la biologie) dans un champ unifié du savoir. En ce sens, il témoigne de

la conviction que le savoir biologique est arrivé à maturité, et qu'il se présente lui-même comme une discipline souveraine pour rendre raison de ce que le sens commun appelle « vie ». Ce n'est pas sans répercussion sur les questions anthropologiques et métaphysiques. Les deux volumes sont construits de manière pédagogique. Un texte bref, souvent rédigé par un binôme, présente un élément de la réflexion des biologistes créateurs de la biologie d'aujourd'hui et attentifs à l'épistémologie présente dans leurs travaux.

Dans le premier volume, vient d'abord ce qui relève de la critique de la connaissance : « Lois et théories », « Causalité en biologie » et « Explications fonctionnelles et attributions fonctionnelles ». Ensuite, ce sont les champs de l'étude des vivants : « Hérédité, gène, information », « Biologie moléculaire » et « Développement ». Chaque ensemble est constitué de chapitres donnant une étude (souvent un article déjà publié) d'un ou plusieurs auteurs faisant autorité, tant par ses travaux personnels que par l'introduction d'un concept devenu ensuite « incontournable » dans les débats entre spécialistes du domaine considéré. Ce choix repose sur le souci de se placer au moment où un débat entre spécialistes a été sinon tranché, est du moins devenu fondateur des débats ultérieurs, tant entre scientifiques qu'avec des philosophes. Les documents cités donnent à voir des accords, des complémentarités, mais aussi des divergences qui sont le moteur de la réflexion. Si le premier volume est proche de la pratique scientifique spécialisée, le second s'attache à des perspectives plus larges : « Unités de sélection », « Adaptation et fitness », « Le concept d'espèce », « Systématique » et « Environnement ». On y retrouve des thèmes classiques en philosophie : l'évolution, l'environnement et la diversité biologique. J. G. et Th. P. précisent que cela soulève « certaines questions les plus fondamentales et les plus débattues du domaine de la philosophie de la biologie tel qu'il s'est constitué à l'échelle internationale depuis la fin des années 60 » (p. 7). Ils notent aussi que « les sujets abordés posent des questions épistémologiques majeures pour tout philosophe, au-delà de la seule philosophie de la biologie » (p. 12).

Si, d'une certaine manière, l'ouvrage va du particulier au global, il reste toujours étroitement lié aux travaux des scientifiques. Plus encore, s'il donne la parole à ceux qui ont le souci de justifier leurs prises de position et de clarifier pour eux-mêmes leur démarche, il témoigne de la présence d'un consensus du « monde scientifique ». Par exemple, dans la section traitant de la causalité en biologie, un article d'Ernst Mayr (*Cause et effet en biologie : types de causes, prédictibilité et téléologie vus par un biologiste praticien*, pp. 87-11) montre clairement que le travail scientifique sur les vivants est à la source de sa propre

conceptualisation. Ce travail a conduit à repenser la notion de cause et, en particulier, la finalité et la prédiction. De même, les concepts d'aléatoire et d'émergence s'imposent. Cet article montre bien un thème présent dans les autres contributions : dans les travaux scientifiques, les concepts de la philosophie ne sont pas des superstructures ; inscrits dans la recherche et l'exposé des travaux, ils restent limités par des exigences opératoires. La perspective d'Ernst Mayr est confirmée par le deuxième chapitre, *Penser les mécanismes*, qui précise la notion de fonction. Les auteurs de l'article (Peter Machamer, Lindley Darden et Carl Craver) donnent comme exemple le fonctionnement des synapses qui convertissent un signal électrique en un signal chimique. Ils relèvent que l'explication se situe dans le cadre d'une explication géométrico-mécanique de la science moderne (depuis Galilée). Ces auteurs concluent que « l'intelligibilité, du moins en biologie moléculaire et en neurobiologie, est fournie par la description des mécanismes, c'est-à-dire par l'explication détaillée des entités et des activités constitutives, laquelle, dans le prolongement de l'expérience sensorielle des modes de fonctionnement, offre le moyen de comprendre comment un certain phénomène est produit » (p. 152). Il est éclairant de noter que le terme de compréhension est ici entendu dans toute sa grandeur : poser un acte de penser. En effet, nous lisons en conclusion : « Penser les mécanismes vivants permet de penser l'ontologie vis-à-vis de laquelle on s'engage. Penser les mécanismes offre une manière intéressante et satisfaisante de considérer l'histoire de la science. [...] Penser les mécanismes nous permet d'envisager de nouvelles manières de penser certains concepts et problèmes philosophiques qui sont importants » (p. 154). Cette conclusion est un bon résumé de la philosophie commune aux auteurs cités. L'ouvrage explicite en effet cette ambition en traitant des concepts fondamentaux pour l'épistémologie : lois, théories, causalité et explications fonctionnelles. Dans cet ensemble, il faut relever ce qui est dit de la finalité articulée à la notion de fonction par Karen Neander (*La notion téléologique de « fonction »*, pp. 171-201). Ce point est ensuite repris par Alexander Rosenberg et Daniel McShea (*Fonction, homologie et homoplaste*, pp. 203-217).

Une quatrième partie (« Hérédité, gène, information »), présentée par Pierre-Alain Braillard et François Duchesneau, aborde des concepts et des débats sur ces trois concepts fondamentaux. Jean Gayon traite du concept d'hérédité, dont il retrace l'histoire (pp. 231-269), Philipp Kitcher parle de la fondation de la biologie moléculaire par la connaissance de la structure moléculaire de l'ADN. Il présente le débat qui s'en est suivi à propos du réductionnisme. Cette étude a le mérite de montrer que l'on ne peut avancer dans les sciences sans prendre des options philosophiques. Cet article (*1953 et tout ce qui s'en suit : il était une fois deux sciences*, pp. 271-330) montre la spécificité de la bio-

logie qui ne saurait être réduite à la chimie. La question épistémologique et reprise par Paul E. Griffiths (*L'information génétique : une métaphore en quête d'une théorie*, pp. 331-364). La notion de « programme » est au centre du débat. Cela montre bien la nécessité d'une philosophie de la biologie : la conceptualisation faite par la démarche scientifique doit être très précise. Si le sens donné aux termes ne doit pas quitter le plan opératoire, on doit lui donner une dimension universelle, celle du concept.

L'enjeu de cette question est bien montré par la contribution de Michel Morange pour la biologie moléculaire (*La place ambiguë de la biologie moléculaire structurale dans l'historiographie de la biologie moléculaire*, pp. 373-390). L'introduction de Th. P. précise que « biologiste de métier », il est aussi philosophe (ayant soutenu une thèse de philosophie sous la direction de Jacques Merleau-Ponty) et historien des sciences. L'article précise ce qu'est la « biologie moléculaire structurale ». Michel Morange fait une présentation générale de la biologie moléculaire. Il relève les conditions expérimentales de sa constitution, ce qui le conduit à des remarques critiques sur le développement des travaux, les tensions entre les acteurs (Pauling, Watson, Crick...), les difficultés à « expliquer simplement les fonctions par les structures » (p. 377). Cette étude montre comment les choix engagent la responsabilité du scientifique. Ces éléments sont repris dans le dernier chapitre consacré au génome par Scott F. Gilbert : *Le génome dans son contexte écologique : perspectives philosophiques sur l'épigenèse inter-espèces* (pp. 401-431).

* * *

Le deuxième volume (« Évolution, environnement, diversité biologique ») procède de la même manière, même si les concepts considérés sont plus larges puisqu'ils recouvrent le champ des questions issues des grandes perspectives de l'étude de l'évolution des espèces. Vient en premier lieu l'analyse de la notion de sélection. Un article de Richard C. Lewontin (*Les unités de sélection*, pp. 27-64) précise les champs de l'étude en allant du plus élémentaire au plus général : les molécules, les cellules, les gamètes, l'individu, les parentèles, les populations, en mentionnant rapidement l'influence de l'action humaine sur la biosphère. Le deuxième champ étudié est plus large (« Adaptation et fitness », pp. 103-195). Les deux articles (Richard M. Burian et Richard Dawkins) précisent l'un et l'autre les différents niveaux concernés. Richard Burian traite de l'adaptation (pp. 115-161). Richard Dawkins (*Une agonie en cinq convulsions*, pp. 163-195) présente avec humour l'évolution du terme « *fitness* » dont le sens diffère selon qu'il s'agit d'un organisme ou d'une population. Il rend à ce terme

l'importance qui lui revient dans la construction de la théorie de l'évolution. Il n'entre pas dans la question de la finalité pourtant liée à ce terme. L'histoire de l'emploi de celui-ci montre combien l'élaboration d'une théorie est contrastée, prise dans les incertitudes de son invention et les difficultés de sa réception.

Le troisième concept général étudié est celui d'espèce, dont Jean Gayon précise dans l'introduction (pp. 197-210) qu'il « hérite d'une imposante tradition philosophique » (p. 197). L'article de David L. Hull (*Une question d'individualité*, pp. 211-256) s'interroge sur « le statut ontologique des gènes, des organismes, des espèces » (p. 213). Thomas Reydon (*De la nature du problème de l'espèce et des quatre sens du mot espèce*, pp. 257-304) présente le champ conceptuel visé par ce terme. S'il propose de distinguer quatre concepts, il note que la quête du sens le plus pertinent repose sur la validation par rapport à la présentation des sciences de la vie (p. 264). Cet article propose de remplacer le mot habituellement employé par quatre termes en fonction de l'évolution en distinguant entre « unités statiques » et « unités dynamiques » (p. 271 *sqq*.) pour les individus puis pour les espèces. Un point important de cette présentation est que toute classification est le résultat d'un choix (p. 314), ce qui montre que la difficulté est d'articuler la reconstruction épistémologique avec la diversité des ontologies.

La dernière partie ouvre sur un horizon plus large en traitant de l'environnement, un terme dont l'usage scientifique et philosophique est présent dans la philosophie depuis les travaux de Canguilhem, mais qui demande à être repensé, puisque la théorie de l'évolution accorde un « rôle causal majeur à l'environnement pour expliquer l'évolution » (p. 417). La nouveauté vient de ce que l'environnement ne peut plus être compris comme un cadre qui est constant par rapport à ce qui advient aux vivants dont on étudie l'évolution. Il change et ce changement et d'autant plus important à connaître que les êtres vivants participent à son changement. Le débat porte sur « la façon dont on doit concevoir les pouvoirs causaux respectifs des organismes, des gènes et de l'environnement » (p. 421). Les deux articles présentent « la théorie des systèmes en développement » qui est à l'origine de propositions nouvelles « pour mieux représenter les interactions entre gènes, organismes et environnement » (p. 422). Les deux chapitres se complètent harmonieusement. Le premier (Robert N. Brandon, *Le concept d'environnement dans la théorie de la sélection naturelle*, pp. 427-479) relève que le mot englobe trois « notions » d'environnement ; il s'attache prioritairement au « concept d'environnement de sélection » qui au cœur de la théorie de la sélection naturelle ; il en décrit le fonctionnement. Cela lui permet d'examiner les relations de causalité ap-

préciées du point de vue opératoire et de valider la pertinence de la méthode qui le privilégie. Le propos est donc au service d'une approche dont le maître mot est « opérationnaliser » (p. 470). Le deuxième chapitre (Kim Sterelny, *Construction de niche, systèmes en développement et réplicateur étendu*, pp. 482-526) analyse et explicite les processus mis en œuvre dans le développement alors considéré comme « ingénierie environnementale » (p. 486). Après avoir rendu compte des observations, il en énonce les lois (p. 500) dont il établit la valeur en soulignant que leur rassemblement permet de rendre raison de l'évolution des systèmes d'hérédité étudiés.

* * *

Le livre s'achève par ce dernier article. Il n'y a ni bilan ni propos conclusif écrit par les auteurs qui ont rassemblé et présenté ces études. Le caractère tranchant du propos n'est pas sans marquer la spécificité du titre de cet ouvrage érudit. Il s'agit d'une philosophie de la biologie et non pas d'une philosophie du vivant et encore moins d'une élucidation de ce qu'est la vie. Le livre fait une analyse et une présentation systématiques des concepts qui président aux travaux de la biologie. Ils forment un système. Pour cette raison, il est légitime de parler de « biologie » au singulier. Comme science, elle est validée par des succès incontestables ; elle permet de décrire les phénomènes qui caractérisent les êtres vivants et de rendre compte de leur histoire en donnant une explication tout à la fois plus fine et plus générale. L'ouvrage donne la parole aux maîtres qui ont fait avancer le savoir et augmenté le pouvoir des humains sur les vivants et leur environnement. Cette construction implique une philosophie qui est plus qu'une méthodologie ou une épistémologie : c'est une certaine manière de penser la nature au plus près de l'étude scientifique.

La mise en perspective par rapport à l'histoire des disciplines étudiées et les divergences dans les théories montre que ce sont des « concepts opératoires » (t. 2, p. 431). Pourtant, il y a bien là une philosophie : une unité de pensée et une construction logique bien structurée. L'emploi du singulier dans le titre (*Philosophie de la biologie*) est juste ; la question est alors de savoir si la conceptualisation présentée est la seule possible. Les divers articles montrent bien le souci de rigueur dans l'élaboration des concepts, mais n'est-ce pas au prix d'une certaine réduction (t. 1, p. 222) ? Cette unité, fruit d'une grande rigueur, laisse entièrement ouverte la critique des concepts exposés et plus généralement la question fondamentale : « Qu'est-ce que la vie ? » ou plus concrètement : « Qu'est-ce qu'être vivant ? » Est-ce là le dernier mot ?

La présentation de cette philosophie de la biologie permet de comprendre pourquoi, dans le « monde développé » où domine le paradigme méthodologique présent dans les travaux analysés, tant de propos sur la vie et les vivants prennent des chemins qui mettent en œuvre d'autres approches. D'abord, des éléments affectifs qui s'appuient sur un « sentiment de la nature ». Celle-ci est corrélative de la méthode : pour rendre opératoire l'étude, cette méthode la formalise et l'inscrit dans une classification purement fonctionnelle. Elle dépend aussi des considérations venues de la sociologie qui fait de l'humain un agent parmi bien d'autres — cette reconnaissance demande à être vécue dans l'empathie qui ne considère plus les vivants comme des ressources, mais comme existant pour eux-mêmes. C'est là mettre en jeu une dimension de participation qui ne relève pas de la compétition ni du rapport de force. C'est aussi laisser place à la « sensibilité », celle qui ne se mesure pas quantitativement. La philosophie de la vie prend d'autres chemins que ceux dont ce livre rend compte.

Analyse critique

Soude et critique des fondements de la physique

Il convient d'être caustique !

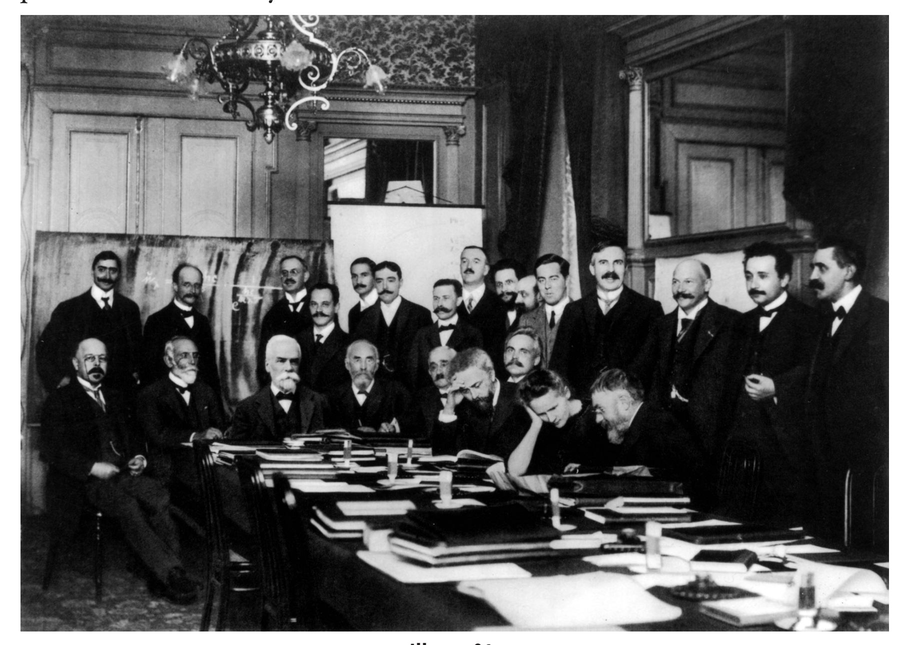
Jean Mawhin
Université catholique de Louvain
jean.mawhin@uclouvain.be

Lambert (Franklin) - Berends (Frits), *Vous avez dit : sabbat de sorcières ? La singulière histoire des premiers Conseils Solvay* / préface de Thibault Damour. – Les Ulis : edp sciences, 2019. – 322 p. – (Sciences & histoire). – 1 vol. broché de 16,5 × 24 cm. – 34,00 €. – isbn 978-2-7598-2371-0.

L'une des photographies les plus célèbres de l'histoire de la physique du XXe siècle, prise en 1911 à l'hôtel Métropole de Bruxelles, est une mise en scène truquée. Elle rassemble les participants du premier Conseil de physique organisé par Ernest Solvay, le célèbre inventeur belge qui a développé un procédé industriel de fabrication de la soude caustique.

C'est une mise en scène, car on a sans nul doute assigné les places et les fonctions des vingt-trois illustres physiciens invités à cette première conférence sur un sujet déterminé de physique : la théorie des quanta. Derrière une table jonchée de livres et de cahiers, le président du congrès, le Hollandais Lorentz, occupe le centre du premier rang, celui des participants assis, où siègent trois Français, qui paraissent ignorer la présence du photographe : Poincaré discute avec Marie Curie, Perrin lit un livre et, en face d'eux, Brillouin les observe d'un air réprobateur. Ce premier rang est diplomatiquement complété par trois Allemands — Nernst, Warburg et Wien — plus intéressés par l'objectif, et par

Solvay, absent lors de la prise de vue et rajouté plus tard à la photo, par une technique à laquelle les Soviétiques donneront une dimension industrielle. On suppose que c'est par maladresse que Solvay apparaît, entre Brillouin et Lorentz, à une échelle légèrement supérieure : la perspective n'était pas au programme du premier Conseil Solvay.



Illus. n°1.
Le premier Congrès Solvay.
Photographie de Benjamin Courprie (1911).
Source : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:1911_Solvay_conference.jpg

Au second rang, debout, on reconnaît les Allemands Planck, Rubens et Sommerfeld, les Anglais Jeans, Lindemann et Rutherford, les Autrichiens Einstein et Hasenhörl, les Belges Goldschmidt, Herzen et Hostelet, le Danois Knudsen, les Français Maurice de Broglie et Langevin, et le Hollandais Kamerlingh Onnes. Tous ces participants n'ont pas non plus les yeux tournés vers l'objectif, et Einstein semble cacher un mégot dans sa main. Notons que les Belges sont là en tant que collaborateurs de Solvay, tandis que de Broglie et Lindemann sont les secrétaires du Conseil. Il ne faut pas être un physicien professionnel pour réaliser la qualité scientifique des savants invités par Solvay, du 29 octobre au 4 novembre 1911, pour discuter des conséquences de la récente théorie des quanta sur la structure de la matière et de l'énergie. La citoyenneté autrichienne, attribuée à Einstein comme professeur à l'Université de Prague, ne fait pas partie des trois nationalités qui ont jalonné sa vie.

La genèse et le déroulement de ce premier Conseil de physique Solvay occupent, à juste titre, une part importante dans l'excellent ouvrage *Vous avez dit : sabbat de sorcières ?* de Franklin Lambert et Frits Berends, une collaboration belgo-hollandaise particulièrement bienvenue pour écrire l'histoire des célèbres congrès de physique en Belgique présidés avec tact et brio par le Hollandais Lorentz. L'illustre Prix Nobel ajoutait à sa science et à sa diplomatie une parfaite connaissance du néerlandais, du français, de l'allemand et de l'anglais.

L'autodidacte Ernest Solvay s'était mis un peu en retrait de sa société pour se consacrer à sa théorie « gravito-matérialitique » de la matière, à la sociologie et à son mécénat en faveur de l'Université libre de Bruxelles. Il souhaitait présenter ses propres idées philosophico-scientifiques aux experts. L'arrivée des idées quantiques qui bouleversaient le physique classique lui semblait l'occasion rêvée. L'organisation d'une telle réunion dans un pays neutre, à une époque où la rivalité franco-allemande ne cessait de croître, rencontra les souhaits de Nernst. Il élabora avec Solvay une liste d'invités qui, par rapport à celle de la photographie, ignorait Brillouin, Curie, Poincaré et Kamerlingh Onnes, mais incluait les Allemands Röntgen et Seeliger, les Anglais Lord Rayleigh (comme président), Larmor, Schuster et J. J. Thomson, et le Hollandais van der Waals. Solvay rajouta les trois Français à la liste et Herzen proposa de confier la présidence à Planck, qui se désista en faveur de Lorentz. Le cadre était fixé et l'improbable Conseil débuta comme prévu, en l'absence de Lord Rayleigh, Larmor, Schuster et J. J. Thomson qui avaient décliné l'invitation. Estimant sa théorie insuffisamment au point, en dépit des efforts de ses collaborateurs, Solvay se contenta de l'esquisser dans son discours d'ouverture et ne participa guère aux discussions. Leur contenu, rapidement publié, est suffisamment connu pour nécessiter un commentaire.

Ce qui distingue nettement l'ouvrage de Lambert et Berends est une analyse subtile et fouillée de la personnalité et des motivations de Solvay, du rôle essentiel joué par Lorentz, et des intrigues de Nernst. L'importance de ce premier Conseil pour l'histoire de la physique est soulignée par le rôle de Poincaré, arrivé à Bruxelles peu au courant des théories quantiques (une lettre d'Einstein le confirme), qui publie un mois plus tard une preuve remarquée de la nécessité des quanta pour expliquer les résultats expérimentaux. Une autre conséquence est une réorientation des carrières d'Einstein et de Lorentz au sein d'un véritable jeu de chaises musicales, pour reprendre l'heureuse expression des auteurs.

Après le Conseil de 1911, Solvay profita de la venue des éminents physiciens à Bruxelles pour mettre en œuvre un autre projet : la création, en 1912, de l'Institut international de physique Solvay, chargé de subventionner des projets

d'expérimentateurs et de décerner à de jeunes chercheurs belges des bourses de perfectionnement à l'étranger. La collaboration de Lorentz à la naissance et au développement de cet Institut fut à nouveau essentielle.

L'ouvrage se poursuit avec la description du deuxième Conseil de physique consacré à la structure de l'atome. Il se tient cette fois à l'Institut de physiologie du parc Léopold (aujourd'hui lycée Émile Jacqmain) et les participants logent à l'hôtel Bellevue (devenu le musée éponyme). Parmi les membres présents, on retrouve des « anciens » de 1911 : Lorentz (toujours président), Brillouin, Marie Curie, de Broglie, Einstein, Goldschmidt, Hasenöhrl, Jeans, Kamerlingh Onnes, Knudsen, Langevin, Lindemann, Nernst, Rubens, Rutherford, Warburg, Wien, et les « petits nouveaux » : les Anglais Barlow, Bragg, Pope et J. J. Thomson, les Allemands Grüneisen et Laue, les Français Gouy et Weiss, l'Autrichien Voigt et un Américain, R. W. Wood. Poincaré est mort en 1912. À partir de 1913, la photo officielle des participants prend la forme classique d'un portrait de promotion et Solvay y figure physiquement, quoiqu'absent des discussions du Conseil. La fondation d'un Institut international de chimie Solvay, dont les buts sont assez différents de celui de physique, termine la période précédant la Grande Guerre.



Illus. n°2.
Le deuxième Congrès Solvay.
Photographie appartenant à l'Institut international de physique Solvay.
Source : https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Solvay_conference_1913.jpg

Cette dernière et ses conséquences académiques, en particulier le problème des relations avec les savants allemands, bouleversent bien entendu les créations d'Ernest Solvay, qui, fort heureusement, « survivent à la tempête ». L'ouvrage se termine par l'évocation des trois derniers Conseils de physique présidés par Lorentz : celui de 1921 consacré aux « Atomes et électrons », de 1924 à la « Conductibilité électrique des métaux » et celui de 1927 intitulé « Électrons et photons », qui porte sur la naissance et le développement de la mécanique quantique en présence, excusez du peu, de tous ses créateurs : Bohr, Born, Louis de Broglie, Dirac, Heisenberg, Pauli et Schrödinger. Parmi les hauts faits de ce Conseil de 1927, on retiendra le débat Bohr-Einstein sur l'indétermination et la première rencontre, un peu décevante, de Lemaître avec Einstein.

D'intéressantes annexes enrichissent l'ouvrage : l'impressionnante liste des cinquante-deux Prix Nobel présents à un Conseil ou bénéficiaires d'un subside Solvay entre 1911 et 1933, les sources des travaux d'Ernest Solvay, son programme « gravito-matérialisque », le problème du corps noir, le Nobel manqué de Planck en 1908, le coup d'Agadir et l'affaire Caillaux, et le patronage royal aux Instituts Solvay.

La haute qualité scientifique et historique du livre de Lambert et Berends n'empêche pas qu'il se lit comme un roman, l'aventure étant passionnante et joliment racontée. On ne peut ignorer les nombreuses notes réunies à la fin de l'ouvrage, en première lecture, qu'à la condition de les consulter dans une seconde lecture. Une bibliographie et un index des noms propres (où, fait rare, Lorentz précède largement Einstein dans le nombre des pages qui les concernent) facilitent l'usage du livre comme ouvrage de référence.

Cette contribution originale, claire et rigoureuse à l'origine et aux premiers développements des Conseils et de l'Institut international de physique Solvay a le mérite rare de mélanger harmonieusement, avec un égal talent, les aspects techniques et humains d'une grande aventure scientifique. Elle constitue déjà un ouvrage incontournable sur le sujet. Ceux qui se demandent encore la raison de son titre sibyllin ne peuvent que blâmer Einstein, qui qualifia ainsi le Conseil de 1911, juste avant de s'y rendre, dans une lettre à son ami Michele Besso.

Revue des Questions Scientifiques, 2021, 192 (3-4) : 431-442

Analyse critique

L'industriel et les savants

À propos d'une étude des Conseils Solvay

Danielle Fauque
Université Paris-Saclay
danielle.fauque@universite-paris-saclay.fr

Lambert (Franklin) - Berends (Frits), *Vous avez dit : sabbat de sorcières ? La singulière histoire des premiers Conseils Solvay* / préface de Thibault Damour. – Les Ulis : edp sciences, 2019. – 322 p. – (Sciences & Histoire). – 1 vol. broché de 16,5 × 24 cm. – 34,00 €. – isbn 978-2-7598-2371-0.

1. Introduction

Les études sur les premiers conseils Solvay ne manquent pas, notamment sur le premier conseil de 1911[1]. Ici, F. Lambert et F. Berends vont beaucoup plus loin et ont choisi de mettre en avant les acteurs de cette entreprise sur laquelle ils travaillent depuis longtemps. En 2010, F. Lambert publiait un premier article sur le premier conseil Solvay dans la *Revue germanique*, puis, avec F. Berends, un petit fascicule sur l'histoire du premier conseil, dans le cadre du centenaire en 2011. Enfin, avec Michael Eckert, un colloque à Bruxelles était organisé dont les actes ont été publiés dans l'*European Physical Journal Special Topics* en 2015 (Lambert, Berends, & Eckert, 2015)[2].

1. Voir en particulier, l'ouvrage paru à la suite de l'exposition célébrant le centenaire du premier conseil (Marage & Wallenborn, 1995), ensuite paru en version anglaise et complété avec de nouveaux auteurs (Marage & Wallenborn, 1999).
2. Voir aussi Lambert & Berends, 2011.

Leur étude utilise, de façon très détaillée, les archives conservées à l'ULB (correspondance, pièces administratives, comptes rendus), complétées par la consultation d'archives extérieures, notamment en France, aux Pays-Bas et en Allemagne. L'ensemble du texte donne une vision très vivante de la communauté des physiciens qui ont fondé la physique moderne, mais le propos sur la chimie laisse le lecteur insatisfait.

Si le titre, *Sabbat de sorcières*, interpelle — il reprend en fait une expression d'Albert Einstein dans une lettre à son ami Michele Basso (p. VIII, note 13) — le sous-titre, *La singulière histoire des premiers conseils Solvay* ne semble à priori rien apporter de plus que ce que l'on connaissait déjà. Il est un fait notable que lorsqu'on parle des conseils Solvay, sans préciser, l'auditeur comme le lecteur pense immédiatement à la physique, et très peu à la chimie. Les conseils de chimie Solvay sont largement méconnus. Lambert et Berends ont donc voulu introduire la fondation de l'Institut international de chimie Solvay (IICS) dans leur volume, mais ils n'abordent pas les conseils de chimie eux-mêmes. Je vais donc partager mon propos sur cet ouvrage en deux parties principales. Tout d'abord je présenterai ce qui fonde principalement le livre de nos auteurs, c'est-à-dire les premiers conseils Solvay de physique. J'aborderai ensuite le cas de la chimie.

2. Les conseils de physique et l'Institut international de physique Solvay (IIPS)

2.1. Premier conseil Solvay de physique

Le corps de l'ouvrage est constitué de neuf chapitres. Les auteurs commencent par planter le décor de cette aventure en présentant les deux acteurs principaux : Ernest Solvay et Walther Nernst (chap. 1). Tout d'abord, la position de Solvay sur la physique est ici approfondie, là où d'autres auteurs soulignent surtout le côté philanthropique de l'industriel. Autodidacte éclairé en sciences, Solvay tente d'établir une théorie unificatrice en physique, la théorie gravito-matérialitique, basée sur l'énergie (une annexe bienvenue sur cette théorie complète cette première approche). En 1911, Solvay met la dernière main à son traité, qui sera imprimé et distribué au conseil de physique. Ensuite, les raisons de Nernst sont avancées. Directeur du laboratoire de chimie-physique de l'Université de Berlin, il est « traversé de doutes » devant les idées nouvelles, et il lui semble indispensable de réunir les principaux acteurs « en

concile ». Grâce à son ancien étudiant, Robert Goldschmidt, ami de Solvay, Nernst rencontre l'industriel en 1910.

Les positions de Nernst et de Solvay, quoique très différentes, vont converger vers une réalisation commune, appelée à évoluer en fonction des échanges pour aboutir à la forme que l'on connaît. Nernst compte sur une prise de position nette de ses collègues au cours de cette réunion, Solvay compte y présenter ses travaux dans un premier temps, pour finalement y renoncer ensuite, laissant toute liberté aux membres du Conseil. Le chapitre 2 détaille la conception, la réalisation et le déroulement de ce conseil.

Lorentz a accepté la présidence. L'invitation — confidentielle et personnelle — au Conseil est envoyée le 9 juin, pour une réunion en octobre. Des savants novateurs, souvent prix Nobel de physique ou de chimie ou qui le seront quelques années plus tard, se réunissent ainsi à l'hôtel Métropole de Bruxelles en octobre 1911 pour un séminaire d'un nouveau genre, hors de tout cadre institutionnel, grâce à l'appui d'une personne privée. On demande à certains d'entre eux de présenter un rapport sur les dernières découvertes tant expérimentales que théoriques, rapports sur lesquels une discussion libre devra s'engager. Je ne développerai pas ici le contenu scientifique que les auteurs présentent en détail (chap. 2.8).

Le conseil Solvay eut des répercussions importantes sur le développement ultérieur des nouvelles idées et sur la carrière de plusieurs des protagonistes, notamment pour Albert Einstein et Hendrik Lorentz, aspect peu abordé jusqu'ici dans les études précédentes (chap. 2.9 et 3).

Dans cet ouvrage nourri par les archives, les auteurs vont au plus près de la correspondance, et nous font revivre presque au jour le jour l'évolution des pensées, des propositions, finalement du projet.

2.2. L'Institut international de physique Solvay (IIPS)

Dès le lendemain du conseil — immortalisé par la célèbre photo prise à l'hôtel Métropole de Bruxelles —, Lorentz et Solvay projettent un second conseil, puis l'idée de lui associer une organisation pérenne émerge pour aboutir, en mai 1912, à la création officielle d'un Institut international de physique Solvay (IIPS). Il serait abrité dans l'Institut de physiologie, créé par l'industriel en 1894 (chap. 4), et doté généreusement d'un million de francs belges placés à fond perdu pour une durée de 29 ans, avec une subvention supplémentaire pour la première année de fonctionnement. Son Conseil scientifique interna-

tional (CSI) est en charge d'organiser régulièrement des conseils, et de distribuer des subsides pour des recherches liées aux sujets débattus.

Parmi les premiers chercheurs à bénéficier de ces subsides, mentionnons deux futurs Prix Nobel : Max von Laue (1914) et Charles G. Barkla (1917). Puis, en 1913, une procédure par concours est ouverte. En tout, 40 demandes sont honorées avant la guerre dont celles de William L. Bragg, Henry Moseley, Arnold Sommerfeld et Johannes Stark (chap. 7). Les années 1920 verront la fin des subsides, la guerre ayant érodé les revenus des actions.

Le deuxième conseil Solvay (objet du chap. 5) s'est déroulé du 27 au 31 octobre 1913 à l'Institut de physiologie du parc Léopold. Cette fois, une grande publicité en est donnée, et les plus réticents lors de la création du premier sont présents. Un troisième conseil est prévu en 1916, mais la guerre va interrompre cette série.

2.3. De la guerre aux conseils des années 1920

Le chapitre 8 porte sur l'activité des principaux acteurs de cette entreprise pendant la guerre ; cette période est en général peu étudiée dans le cadre des conseils Solvay, passant directement de 1913 à 1921. Mais ici, les auteurs rendent hommage à l'attitude de Solvay dans son pays occupé. Ils montrent comment Lorentz, ressortissant d'un pays neutre, soutient publiquement les Belges, ce qui pose la question des limites de la neutralité[3], après les exactions de Louvain. En octobre 1914, une violente réponse des intellectuels allemands — l'*Appel aux nations civilisés*, dit « Manifeste des 93 » — rejetant en bloc les accusations va consommer la rupture avec les savants allemands[4]. Parmi les signataires, trois membres des conseils Solvay : Max Planck et Wilhelm Wien (Prix Nobel de physique 1911), mais surtout Nernst, qui viendra plusieurs fois secrètement en Belgique comme conseiller privé du gouvernement allemand, et Arnold Sommerfeld, zélé propagandiste lors de ses cours donnés dans les universités belges.

Après l'armistice, il faut attendre 1921 pour qu'un nouveau conseil se déroule à Bruxelles. Entre-temps les relations scientifiques internationales se sont (ré)organisées, sans les savants allemands et autrichiens. Les auteurs passent trop rapidement sur le boycott, et c'est dommage. Quelques mots sur la création des unions internationales — organes de normalisation créés en 1919, au

3. Cf. en particulier Bertrams (2012).
4. Cf. Fox, 2016, pp. 47-48 et pp. 58-60.

sein du Conseil international de recherche (CIR), ayant voté l'exclusion pour douze ans (Fauque & Fox, 2021) — auraient permis d'éclairer les choix du CSI. Après la guerre, nous avons donc deux types de manifestations scientifiques savantes au niveau international qui, si elles ont des membres en commun, sont divergentes dans leurs objectifs : les assemblées générales des unions (dites conférences) et les conseils Solvay. Cette migration des hommes d'une structure à une autre sera plus nette en chimie ; plusieurs d'entre eux auront choisi l'exclusion lors de la création des unions, et, dit-on, l'internationalisme limité au sein des Conseils Solvay[5].

Ainsi, le chapitre 9 ne rapporte que l'essentiel des sujets abordés par les conseils de physique de 1921, 1924 et 1927, en passant un peu trop vite sur ce que les auteurs appellent « l'exclusion temporaire des Allemands » (fin du chap. 8, p. 235). Einstein n'avait pas signé le *Manifeste* et fut le seul Allemand invité en 1921, mais il refuse d'y aller en 1924 pour cette raison, tandis que l'autrichien Erwin Schrödinger et le hongrois George de Hevesy acceptent l'invitation (chap. 9.2). L'ostracisme envers les Allemands était donc implicite même au sein des Conseils Solvay.

Le conseil de 1927 est davantage développé. En effet, les accords de Locarno en 1925 ont permis à l'Allemagne d'entrer à la Société des Nations (1926). En juin 1926, une modification des statuts du CIR exigée par les unions disciplinaires permet enfin d'inviter les ressortissants des pays jusqu'ici exclus. Les conseils Solvay suivent le mouvement : en 1927, le cinquième Conseil invite Planck, Max Born, Werner Heisenberg et Wolfang Pauli, mais pas Sommerfeld. Ce sera le dernier Conseil présidé par Lorentz ; Paul Langevin lui succèdera. Ce chapitre 9 laisse donc une impression d'inachevé. S'il nous livre l'essentiel des discussions scientifiques, il ne nous apporte pas suffisamment d'informations sur l'ambiance et les discussions générales.

3. Le cas de la chimie

3.1. Coïncidence des démarches : le projet d'Ostwald

Le chapitre 2, consacré à la mise en place du premier conseil de physique Solvay de 1911, présente la démarche entreprise par Wilhelm Ostwald (Prix

5. Le premier Conseil de l'IUPAP (1922) est composé de plusieurs savants participants aux conseils de physique Solvay dont W. H. Bragg (président), Marcel Brillouin, Martin Knudsen et Robert A. Millikan (président en 1931).

Nobel 1909) auprès d'Ernest Solvay, en avril 1911 (chap. 2.6). Cette démarche est totalement indépendante de la mise en place, alors confidentielle, du premier conseil de physique Solvay. Solvay et Ostwald se connaissent depuis longtemps ; ils partagent à la fois une forme d'internationalisme et une conception de la physique basée sur l'énergie, ce que les auteurs précisent bien. Ils se sont rencontrés à nouveau à Bruxelles, lors du congrès des associations internationales organisé par Paul Otlet, pendant l'Exposition universelle en 1910. Les trois hommes ont une vision universaliste et rêvent d'unifier le savoir sous toutes ses formes. Depuis longtemps, Ostwald a l'ambition de créer un Institut international de chimie où seraient rassemblés notamment une bibliothèque intégrale, une banque d'échantillons et un département de nomenclature, projet inspiré de *Die Brücke*, créé à Munich la même année sous son inspiration, qui ressort du même esprit que l'Institut international de bibliographie (IIB) : organiser le savoir sous toutes ses formes[6]. Solvay ne peut donc qu'être sensible au projet d'Ostwald[7].

Cependant, les auteurs rapportent qu'Ostwald était à Paris le 25 avril où il participait à la réunion constitutive de l'Association internationale des sociétés chimiques (AISC). Cette manifestation, organisée par la SCF sous l'autorité d'Albin Haller, réunissait des délégués de la Chemical Society, dont William Ramsay, et de la DCG, dont Ostwald. Mais les auteurs ne s'interrogent pas sur les raisons d'être de l'AISC et de cette réunion à Paris.

En fait, le projet d'Ostwald croise un autre projet dont les racines sont beaucoup plus anciennes : l'organisation rationnelle du langage de la chimie (nomenclature, symboles, unités, constantes, diffusion…) au niveau international. Chacun se souvient de la première tentative dans ce sens qu'a été le congrès des chimistes à Karlsruhe en 1860. Il y eut ensuite quelques congrès de chimie pendant les expositions universelles, mais ils concernent principalement la chimie appliquée. L'Association belge des chimistes a créé, en 1894, le premier vrai congrès international de chimie appliquée, bientôt suivi par d'autres, jusqu'en 1912 (Deelstra & Fuks, 1995). Pour la chimie pure, signalons le congrès de Paris (1889), où est créée une commission internationale de nomenclature en chimie organique, dont les rapports furent adoptés au congrès de Genève, en 1892. Au congrès international de chimie pure de 1900 à Paris, on forme une commission de nomenclature en chimie minérale, mais qui finit par s'étioler. Ainsi, en 1909, la question de l'unification du langage de la chimie était toujours pendante. En septembre 1910, lors d'une réunion de la Société suisse

6. Voir Fox (2016), pp. 27-29.
7. Pour le centenaire de l'IICS, les auteurs ont publié Lambert & Berends (2013).

de chimie, à Bâle, Haller et Ostwald sont résolus à la résoudre en créant une association internationale. Haller, alors président de la SCF pour 1910, fut probablement le plus convaincant. Avec l'agrément de la SCF, Haller obtient rapidement l'accord de la Chemical Society (CS) à Londres, et de la Deutsche chemische Gesellschaft (DCG) à Berlin, et organise la réunion constitutive de l'AISC les 25 et 26 avril, où des statuts sont votés (Fauque, 2011)[8]. On aurait pu s'attendre à ce que Haller assure la première présidence, puisqu'il avait été l'ordonnateur de cette création, mais ce fut Ostwald. Pourquoi ? On peut avancer une hypothèse. L'AISC devait établir des règles de nomenclature, unifier les symboles, les valeurs des poids atomiques, et les constantes physiques, uniformiser les formats de publication, éditer un lexique. Mais il fallait pour cela un lieu où tenir son secrétariat, où conserver la documentation et les archives, et donc de l'argent. C'est là sans doute qu'Ostwald propose son projet d'institut au sein duquel l'AISC pourrait trouver une solution pérenne. Comme Ostwald connaît bien Solvay, l'approche devrait être possible.

Cependant, Haller lui-même aurait pu intervenir auprès de Solvay qu'il connaissait depuis ses années passées à la Faculté des sciences de Nancy, que Solvay subventionnait généreusement, et souvent sous l'influence de Haller (Birck, 1998, pp. 150-160). Il était donc tout à fait en position de prendre contact avec Solvay pour obtenir une aide *pour* l'AISC. Mais l'idée de l'institut de chimie selon Ostwald abritant le secrétariat de l'association a dû séduire les fondateurs. Ostwald se précipite donc à Bruxelles le 28 avril, nous rapporte les auteurs, lesquels nous dévoilent la succession des démarches que le chimiste allemand accomplit auprès de l'industriel. À mon avis, il apparaît cependant que dans cette entreprise, c'est d'abord son projet d'institut qu'il porte au-devant de la scène, et non les besoins spécifiques de l'AISC. Mais Solvay, trop absorbé par la préparation du conseil de physique et ses propres travaux, n'a pas de temps pour ce projet. Néanmoins, il propose une somme de 250 000 francs *pour un futur institut* de chimie. Ostwald annonce ce succès relatif à la réunion de l'AISC à Berlin en avril 1912, sans préciser qu'elle est soumise à conditions[9].

L'introduction par les auteurs, dans le chapitre 2, du projet d'Ostwald dans l'histoire du premier conseil de physique Solvay semble se justifier par la coïncidence de dates à la première lecture. Pour connaître la suite, il faut aller au chapitre 6 qui traite de la création de l'IICS.

8. [Fauque, D.] (s. d.). *De l'AISC à l'IUPAC*, https://www.societechimiquedefrance.fr/De-l-AISC-a-l-IUPAC.html
9. L'AISC est alors constituée de 14 sociétés chimiques ayant le droit de vote.

3.2. Création de l'IICS

En octobre 1911, lorsqu'il évoque la possibilité d'un institut de physique, Solvay propose aussi d'examiner le projet soumis par Ostwald, projet que Lorentz estime tout à fait inadapté aux idées de Solvay. Lorentz craint-il que la forme de l'IIPS projeté risque d'être modifiée si Solvay était sensible aux arguments d'Otswald ? Les auteurs semblent avoir fait ce choix. Mais peut-être n'en est-il rien, d'autant plus qu'Ostwald est ignorant du projet de Lorentz. Le projet d'Ostwald ne propose pas de conseil tel qu'il existe en physique ; c'est un organe statique de compilation et d'organisation, plutôt à la façon de l'IIB, ou de *Die Brücke*, qui ne porte pas les nouvelles idées en chimie. Lorentz est physicien, et sa place auprès de Solvay est assurée non seulement sur le plan de la structure, mais aussi sur le plan scientifique après le succès du premier conseil de physique.

Après la création officielle de l'IIPS en mai 1912, Solvay en envoie les statuts au nouveau président de l'AISC, William Ramsay, en lui demandant de les adapter au cas de la chimie. La réponse de Ramsay n'arrive que le 5 décembre. Et elle n'est pas du goût de Solvay qui envoie immédiatement Émile Tassel, son proche collaborateur, à Londres, qui en revient pessimiste. Mais Solvay, alors à Paris, confie l'affaire à Haller. Ensuite, la chronologie des événements devient plus difficile. Il est nécessaire de croiser les archives. Haller invite Tassel le 30 décembre[10], puis Ramsay en visite à Paris le 6 janvier, puis contacte son ami Philippe-Auguste Guye de Genève, mis au courant par Solvay. Ostwald est alors à Tenerife. Après plusieurs échanges entre eux et Tassel, Haller établit un projet de statuts. Le 12 janvier 1913, il adresse à Ostwald, de retour en Allemagne, un premier projet de statuts et un historique des différents contacts pris depuis le mois de décembre et des conditions proposées par Solvay, notamment la dotation d'un million de francs offerte par l'industriel sur 29 ans, à l'égal de l'IIPS, et un siège à Bruxelles avec un secrétariat permanent. Dès réception, Ostwald écrit à Solvay, le 16 janvier, en lui demandant de « faire plus », c'est-à-dire de soutenir *Die Brücke*, mais ne répond pas à Haller. La lettre du 16 janvier, dont les auteurs citent un extrait, fait bien référence à la lettre de Haller du 12 janvier 1913 qu'Ostwald vient de recevoir. Or, Lambert et Berends datent la lettre d'Ostwald du 6 janvier, en supposant que ce dernier n'était pas au courant de l'évolution du projet Haller, ce qui les conduit à une interprétation différente. De même certaines autres dates de cette période devraient être vérifiées.

10. Le 30 décembre chez Haller selon sa lettre à Tassel du 27. Mais les auteurs placent cette première réunion plus tardivement. Réf. Arch. AISC, ULB.

Après quelques semaines d'échanges, Haller arrive enfin à une forme des statuts qui fait consensus, sauf pour Ostwald qui tarde à répondre. Ce dernier exprime enfin son désaccord dans un long texte très argumenté en allemand (jusqu'ici sa correspondance était en français). Le 11 avril, Haller envoie enfin le projet de statuts à Tassel, accompagné du texte d'Ostwald et de sa traduction en français.

Les auteurs analysent très bien ce document et montrent que Solvay n'y est pas insensible, conduisant ce dernier à modifier certains articles des statuts ainsi que l'industriel l'écrit ensuite à Ostwald. Un accord est enfin trouvé et l'IICS est créé en mai. Puis, Haller, avec l'accord de ses collègues, accepte de tenir la réunion de l'AISC en septembre à Bruxelles, lors des fêtes du jubilé de Solvay, plutôt qu'à Londres. Mais Haller qui s'est montré très diplomate avec tous ses collègues reste réaliste sur les possibilités d'action de l'AISC. En effet, le 3 mars 1913, lors de l'envoi d'une version des statuts, il écrivait à Ostwald :

> « Mais il ne faut pas oublier qu'Assoc. I. S. Ch. et Institut international de chimie sont deux Institutions différentes et par leur origine et par leur but...
>
> [l'AISC] formée *à la suite de notre initiative à tous deux*, est une collectivité pleine de bonne volonté, [...] mais qui ne dispose ni de fonds ni de local...
>
> Je ne crois, en effet pas, qu'il soit utile ni nécessaire de songer à un grand Institut muni de laboratoires et de salles de collections destinés à la recherche. Un local avec salle de réunion, bibliothèque et personnel destiné à ramasser et classer tous les documents qui nous serviront pour poursuivre notre œuvre suffira »[11].

Il me semble qu'Ostwald avait œuvré en fait davantage pour « son institut » que pour l'AISC qui n'en aurait été qu'une partie subalterne. Haller sut mettre l'association *au premier rang* en adaptant judicieusement les statuts de l'IIPS à l'IICS, sans rien renier de ce qui avait été décidé en 1911 à Paris. Il proposait même de donner une base légale belge à l'AISC, ce qui s'avèrera impossible au regard du droit belge. L'AISC avait maintenant un secrétariat permanent à Bruxelles au sein de l'Institut de physiologie, et le conseil scientifique de l'IICS était constitué par des membres des plus importantes sociétés adhérentes à l'AISC. Elle devra aussi tenir au moins une fois sur deux ses réunions à Bruxelles.

11. Souligné par moi. Réf. : Copie de la lettre de Haller à Ostwald du 3 mars, jointe à la lettre de Haller à Tassel du 11 avril 1913. Arch. AISC. ULB.

La réunion à Bruxelles de septembre 1913 est restée célèbre par la photo des 31 membres présents, devant l'Institut de physiologie (p. 175). Réunion ici nommée « 2e Conseil de l'AISC » ; par ce titre, cette troisième réunion entrait dans l'ère Solvay. On y a approuvé les statuts de l'IICS et la nomination de Haller comme président de l'Association.

3.3. Conseils de chimie Solvay

Au chapitre 9, lorsque les auteurs abordent la question des conseils Solvay après la guerre, ils précisent qu'ils ne traiteront pas des conseils de chimie. C'est dommage. La question des conseils de chimie est posée le 24 juin 1921, à Bruxelles, quelques jours avant la conférence internationale de chimie (CIC) de l'Union internationale de chimie pure et appliquée (UICPA, aujourd'hui IUPAC) à Bruxelles (27-30 juin). Une réunion se tient au siège des laboratoires privés de Solvay pour décider de la nécessité ou non d'établir un conseil de chimie sur le modèle des conseils de physique. Parmi les présents, William Pope, président du conseil scientifique (il est aussi vice-président de l'UICPA), Octave Dony-Hénault, et Jean Perrin, membre participant des conseils de physique, qui avec Guye et André Job, saura convaincre Pope de procéder de la même façon qu'en physique. De nouveaux statuts sont élaborés[12].

Haller n'y assiste pas. Après la guerre, il a fait en sorte que l'AISC soit dissoute afin d'exclure tout savant des Puissances centrales. Il avait espéré la recréer sous la forme d'une union internationale dans le cadre du CIR, mais son projet dut céder la place à un autre projet, mené par Charles Moureu, de la génération suivante. L'argent fut rendu au donateur ; du fait de la guerre, l'AISC n'en avait pas eu l'usage. Les objectifs de l'AISC ont été repris par l'UICPA en 1919.

En 1922, pour le premier Conseil de chimie Solvay, les discussions porteront sur des questions d'actualité rapportées par Francis W. Aston, W. H. Bragg, Job, Th. Martin Lowry, Charles Mauguin, Pope, Perrin, Frederick Soddy et Georges Urbain. Les auteurs auraient pu analyser au moins les rapports soumis à ce premier conseil, car ils complètent fort bien les rapports présentés en physique. La nouvelle science, l'atomistique, qui ne porte pas encore son nom, tient des deux.

12. Plusieurs des participants assisteront à la CIC la semaine suivante, et poseront pour une photographie de groupe prise à La Hulpe, le 29 juin (Homburg, 2019).

4. En guise de conclusion

Si une première lecture du livre, qui par son titre conduit le lecteur à attendre une étude sur les conseils de physique Solvay, donne l'impression que la partie consacrée à la chimie est de trop et déséquilibre l'ensemble, les lectures suivantes amènent à changer de point de vue. Le personnage central apparaît plutôt être Ernest Solvay et tout gravite autour de lui : c'est de lui que les auteurs ne cessent de préciser le travail personnel en physique d'une part, et l'attention chaleureuse quoique ferme qu'il apporte à ses relations avec les savants qui le sollicitent ou le conseillent d'autre part. Le livre apparaît alors comme une étude sur l'action positive de l'industriel belge pour le développement de la science, accentué par la présence de trois annexes spécifiques au travail ou aux actions de Solvay. Peut-être qu'un titre plus représentatif aurait mieux répondu au contenu.

L'ouvrage rend hommage au génie de Solvay, disparu un mois après le Conseil de chimie de 1922, et sa générosité absolue pour la grande liberté laissée aux savants qu'il avait réunis et la clairvoyance dont il avait fait preuve en acceptant de soutenir cette entreprise si novatrice à cette époque. L'ouvrage, illustré et annoté, d'une lecture agréable, permettra à un large public de prendre connaissance de la grande aventure des conseils Solvay[13].

Remerciements

Je voudrais remercier ici Franklin Lambert avec qui j'ai pu identifier plusieurs des archives de l'AISC à Bruxelles en 2013-2014, Yoanna Alexiou qui m'a aimablement fourni certains documents de ces archives en 2018, et Catherine Kounélis pour la mise à disposition des archives Haller à l'ESPCI (Paris).

13. Je voudrais conseiller aussi le site de l'exposition virtuelle « The Solvay Science Project » : https://www.sciences.be/ressource/the-solvay-science-project/. Une équipe pluridisciplinaire a œuvré pour mettre à disposition un grand nombre de documents extraits des archives des conseils. On y trouvera une grande partie de la correspondance utilisée par Lambert et Berends. On lira également un historique du projet de valorisation du patrimoine culturel dans l'article de Yoanna Alexiou sur : https://www.contemporanea.be/fr/article/20194-geschiedenis-online-solvay-science-project

Bibliographie

Bertrams, K. (2012). Caught-up by Politics ? The Solvay Councils on Physics and the Trials of Neutrality. Dans Lettevall, R., Somsen, G., & Widmalm, S. (édit.). *Neutrality in Twenthieth-Century Europe : Intersections of science, Culture, and Politics after the First World War* (pp. 140-158). New York ; London : Routledge.

Birck, F. (1998). Des instituts annexes de facultés aux écoles nationales supérieures d'ingénieurs, à propos de trois écoles nancéennes. Dans Grelon, A., & Birck, F. (dir.), *Des ingénieurs pour la Lorraine, XIXe-XXe siècles* (pp. 143-202). Metz : Édition serpenoise.

Deelstra, H., & Fuks, R. (1995). La Belgique organise en 1894 le premier congrès international de chimie appliquée. *Chimie nouvelle*, 49(mars), 1443-1447.

Fauque, D. (2011). French Chemists and the Reorganisation of Chemistry after World War I. *Ambix*, 58(2), 116-135.

Fauque, D., & Fox, R. (2021). Binding the Wounds of War : Internationalism, National Interests, and the Order of World Science, 1919-1931. Dans Eckart, W. U., & Fox, R. (édit.). *European Academies and the Aftermath of the Great War*. (Acta Historica Leopoldina, 78). Halle (forthcoming).

Fox, R. (2016). *Science without Frontiers : Cosmopolitanism and National Interests in the World of Learning, 1870-1940*. Corvallis : Oregon State University.

Homburg, E., *et al*. (2019). IUPAC in Brussels in 1921 : A Historical Photo. *Chemistry International*, 41(3), 11-15. https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/ci-2019-0305/html

Lambert, F. (2010). Internationalisme scientifique et révolution quantique : les premiers Conseils Solvay. *Revue germanique internationale*, 12, 159-173.

Lambert, F., & Berends, F. (2011). *Une « première mondiale » en physique : le Conseil Solvay de 1911*. Bruxelles : Archives et Bibliothèques de l'Université libre de Bruxelles.

Lambert, F., & Berends, F. (2013). *Septembre 1913 : Fondation de l'Institut international de chimie Solvay, couronnement d'un jubilé industriel*. Bruxelles : Éditions des Archives et Bibliothèques de l'Université libre de Bruxelles.

Lambert, F., Berends, F., & Eckert, M. (édit.). (2015). The Early Solvay Councils and the Advent of the Quantum Era. *The European Physical Journal Special Topics*, 224(10), 2011-2021.

Marage, P., & Wallenborn, G. (édit.). (1995). *Les conseils Solvay et les débuts de la physique moderne*. Bruxelles : Université libre de Bruxelles.

Marage, P., & Wallenborn, G. (édit.). (1999). *The Solvay Councils and the Birth of Modern Physics*. Basel ; Boston ; Berlin : Birkhäuser.

Comptes rendus

Histoire des sciences

Biémont (Émile), *Du corpuscule imaginé au corpuscule observé : une brève histoire de l'atome*. – Bruxelles : Académie royale de Belgique, 2020. – 144 p. – 1 vol. broché de 17 × 24 cm. – isbn 978-2-8031-0747-6.

Dans ce livre dense et très clair, Émile Biémont nous guide dans l'évolution des connaissances de l'atome jusqu'à la compréhension que l'on en a actuellement à partir des théories modernes comme la chromodynamique quantique.

Suivant d'abord une démarche historique, commencée il y a 2400 ans avec Démocrite, l'auteur nous fait progresser jusqu'à la vision de l'atome que l'on perçoit à la fin du XIXe siècle, avec la découverte de l'électron par J.J. Thomson.

Tâche ardue que de répondre aux questionnements posés par les philosophes d'abord, les scientifiques ensuite, et montrer l'évolution de la pensée sur la connaissance des secrets de la matière. Les trois premiers chapitres, d'une grande érudition, se lisent avec délectation !

Le chapitre 4 montre le difficile avènement de l'atomisme scientifique à partir du modèle de Dalton jusqu'à la cause perdue de l'antiatomisme défendue par Marcelin Berthelot.

Dans les chapitres 5 à 7, après les découvertes majeures des rayons X et de la radioactivité, l'auteur explique les modèles successifs de l'atome, maintenant divisible, élaborés pour être en accord avec les expériences de plus en plus sophistiquées, en particulier de spectroscopie atomique.

Le chapitre 8 développe la nouvelle vision que l'on a de l'atome, depuis le nouveau paradigme du double aspect corpusculaire et ondulatoire de l'atome énoncé par Louis de Broglie jusqu'au modèle de Schrödinger et à celui, relativiste, de Dirac. Cet aspect extrêmement complexe de l'évolution des connaissances sur l'atome par la mécanique quantique est résumé avec une très grande clarté.

Le chapitre 9 termine cette histoire de l'atome par la vision actuelle que l'on en a avec le modèle standard et la chromodynamique quantique. Domaine complexe, déroutant, qu'Émile Biémont tente d'expliquer avec une argumentation dense, trop dense, et c'est là la critique que je pourrais apporter à ce chapitre.

Le modèle des quarks est bien expliqué et le tableau des six quarks du modèle standard est le bienvenu. Il aurait été intéressant de rappeler que les quarks *up* et *down* sont les seuls quarks de la matière ordinaire, et de mentionner dans cette même catégorie les leptons (neutrino et l'électron).

Il eut également été intéressant de regrouper dans un tableau les fermions et les bosons et d'insister sur leur différence, car le nouveau concept d'interaction se manifestant par un échange de particules, c'est-à-dire un échange de bosons de jauge souvent très massifs entre particules de matière de masse négligeable, est assez déroutant.

Cet ouvrage d'Émile Biémont est un livre à conseiller à tout étudiant scientifique, comme l'est, du même auteur, *La thèse de Feynmann : une nouvelle approche de la théorie quantique*.

Gabriel Gorre
Rennes en sciences & Université de Rennes

Medicine and the Inquisition in the Early Modern World / edited by Maria Pia Donato. – Leiden ; Boston : Brill, 2019. – viii + 210 p. – 1 vol. broché de 16 × 24,5 cm. – 95,00 €. – isbn 978-90-04-38645-7.

Tout au long de l'histoire, les relations entre les médecins et l'Inquisition ne furent pas univoques, bien au contraire. Certains hommes de l'art étaient au service de l'appareil d'Église qui tourmentait les esprits (et les corps), d'autres au contraire en étaient victimes. Il y eut même parmi les professionnels des individus qui furent tantôt d'un côté, tantôt de l'autre. En réalité, cela a varié avec le temps et l'espace. Les relations entre l'Inquisition, les populations, l'Église et le monde savant ne furent pas fixes d'une époque à l'autre ni d'un pays à l'autre. Comme chacun sait, l'Inquisition espagnole, par exemple, était beaucoup plus intransigeante que celle d'autres pays. Pour nous amener à mieux saisir la complexité de ces relations, Maria Pia Donato, éditrice de cet ouvrage précédemment publié dans la revue *Early Science and Medicine* (vol. 23, 2018, n°1-2), nous donne dès l'introduction du livre une excellente contextualisation et fait allusion aux différents courants relationnels entre les acteurs que nous venons de mentionner.

Si cela peut paraître surprenant à première vue, les écrits des médecins figurent parmi les cibles de l'Inquisition et plusieurs d'entre eux se retrouvèrent à l'Index. Mais il fallait pouvoir lire ces écrits, les décrypter littéralement pour pouvoir débusquer les erreurs et les idées en contradiction avec la doctrine. La place était donc toute faite pour des médecins souhaitant faire carrière dans l'évaluation de l'orthodoxie des idées de leurs confrères. On pourrait presque dire qu'il y a là une procédure de « *peer review* » avant l'heure, si ce n'est que le critère en point de mire n'est pas la vérité scientifique, mais la vérité théologique. Et cela va sans compter avec les médecins juifs ou les réformés qui, presque par essence,

sont des fauteurs de mécréance, du moins dans l'optique du terrible appareil d'Église. Il s'agissait ni plus ni moins, aux yeux de cette Institution, de la « pureté éthique » des praticiens de la médecine. Il n'y avait d'ailleurs pas que des médecins en tant qu'individus, qui œuvraient pour l'Inquisition : des groupes d'experts et de théologiens travaillaient également ensemble et constituaient ainsi des « congrégations ». Pourquoi inclure des médecins dans les groupes d'Inquisition ? Parce que le médecin ne fait pas seulement la distinction entre le normal et le pathologique, il opère aussi le tri entre le normal et le divin (ou le démoniaque). Mais à Rome, contrairement aux groupes d'autres régions de l'Italie, l'Inquisition ne fait pas appel aux médecins. L'une des raisons est sans doute le coût élevé des avis médicaux, bien que l'on voie la Congrégation des rites consentir à des débours pour le témoignage de médecins, qu'il soit écrit ou oral, dans des procédures de canonisation.

Un autre rôle des médecins au service de l'Inquisition consiste à « veiller » sur les prisonniers de l'institution. Certains d'entre eux prenaient même l'initiative de se battre pour de meilleures conditions de vie de ces prisonniers. On trouve également, dans les sources historiques, des traces de paiements à des apothicaires pour des remèdes divers. Par ailleurs, il entrait également dans leur mission d'attester de la santé des suspects et de leur capacité à soutenir un procès. Ou encore, ils devaient assister à la mise à la question, pour s'assurer que l'accusé survivrait aux tortures destinées à le faire parler. Sans torture, pas d'aveux valables et sans aveux, pas de condamnation.

Les médecins qui lisent des livres mis à l'Index, ceux qui se déclarent athées, ceux qui sont soupçonnés de diffuser des idées fallacieuses, ou simplement nouvelles se font arrêter par l'Inquisition. Les « libres penseurs » sont en effet dans le collimateur des autorités ecclésiastiques, de même que ceux qui mettent en œuvre des pratiques non officielles. On peut dire, en quelque sorte, que l'Inquisition a remodelé l'image de la médecine en imposant — ou en tentant d'imposer — des théories et des manières de pratiquer qui lui convenaient. L'atomisme, en particulier, est au centre des débats. À la fin du XVIe siècle, on assiste en effet, dans le monde médical, à une critique de l'aristotélisme, de la scolastique et du galénisme. Plus tard encore, toutes sortes de vérités considérées comme établies sont réexaminées par certains médecins, parfois parmi les plus en vue, tel Lancisi, professeur d'université et archiatre du Pape. Tout cela ira sans compter avec comme toile de fond le mécanisme de Descartes et la réforme protestante. Inutile de rappeler que Rome n'y trouvait guère son compte. On ne peut toutefois pas passer sous silence la curieuse aventure du médecin Petrus Hispanus (« Pierre l'Espagnol », qui était en réalité portugais et avait vécu au XIIIe siècle). Il est l'auteur présumé du *Thesaurus pauperum*, un manuel de recettes médicales à l'intention non seulement des médecins, mais aussi du peuple. Il fut élu pape et prit le nom de Jean XXI, ce qui n'empêcha pas l'Index d'en expurger la version latine et la traduction espagnole au XVIIe siècle.

Les médecins juifs, en particulier ceux qui faisaient partie des « *conversos* » ou des réfractaires, n'ont pas été épargnés par les Inquisitions espagnole et portugaise. Leurs écrits étaient passés au crible et leurs « hérésies » leur valaient d'être mis à l'Index, à moins qu'ils ne corrigent leurs erreurs, ce que parfois ils faisaient spontanément. Et pourtant, plusieurs d'entre eux avaient contribué à l'enrichissement de la science ou avaient occupé des fonctions élevées dans les appareils d'État. Mais tous les médecins n'étaient pas dans le collima-

teur. Face à l'Inquisition, il en est qui ont témoigné en faveur de certains de leurs confrères inculpés. Ces derniers s'étaient rendus suspects par leur mode de vie, leur pratique professionnelle, leurs réflexions exprimées dans la cité ou auprès de leurs patients.

Il est encore une autre forme de relation entre la médecine et l'Inquisition. Cette dernière, en effet, utilise volontiers le langage de la première. Il est question de santé, d'ingestion (des connaissances), de purgation, de contagion (par les mauvaises idées)… Vint finalement un temps, très tardif il est vrai, où ce type de tribunal fut fortement remis en question, notamment au siècle des Lumières, puis à l'époque de la Révolution française. Elle ne disparut pas d'un coup : son maintien ou son abolition fit encore l'objet de débats par la suite, y compris dans les publications médicales. On doit comprendre cela dans le contexte d'une remise en question plus générale des régimes monarchiques. Plus tard encore, il n'est pas jusqu'à des médecins du XIXe siècle qui n'aient pris a posteriori la défense des médecins qui furent dans le passé victimes de l'Inquisition. À côté de ces défenseurs, quelques nostalgiques du « bon ordre » menaient encore un combat d'arrière-garde.

Voilà donc un livre sur une question très précise de l'histoire de la médecine. Si le sujet pouvait a priori paraître limité, on peut découvrir à sa lecture combien il présente de facettes différentes, remarquablement exposées par les auteurs successifs qui ont contribué à la réalisation de cet ouvrage. Nous comprenons de mieux en mieux, au fil des pages, quels sont les enjeux sous-jacents de ces rapports, tantôt subtils, tantôt brutaux, entre médecine et Inquisition. Nous entrevoyons aussi le contexte historique général, dont la toile de fond est une lutte de pouvoir entre clercs et scientifiques, entre science et théologie. Nous aimerions évoquer une dernière facette abordée par ce livre, qui illustre parfaitement le conflit d'idées auquel nous venons de faire allusion. Il s'agit de l'Inquisition dans les territoires colonisés du Nouveau Monde : là s'affrontent, en plus de la religion et de la médecine des guérisseurs, deux cultures qui mettront du temps avant de commencer à se comprendre quelque peu.

Jean Andris
Centre d'études de l'histoire de la pharmacie et du médicament

Malpangotto (Michela), *Theoricae novae planetarium Georgii Peurbachii : dans l'histoire de l'astronomie*. – Paris : CNRS éditions, 2021. – 752 p. – 1 vol. broché de 15 × 23,5 cm. – isbn 978-2-271-13458-5.

C'est un ouvrage particulièrement érudit que nous procure Michela Malpangotto (M. M.) avec cette étude très complète de l'œuvre fondamentale de Georgius Peurbach *Theoricae novae planetarum*. Georgius Peurbach, astronome allemand du XVe siècle, sans être un inconnu de la critique moderne, n'a pas, actuellement, la fortune que méritent ses travaux, pourtant largement reconnus à son époque.

La thèse de M. M. est que Peurbach a eu le souci de rénover l'astronomie en imaginant un univers, certes géocentrique, mais existant réellement, car composé d'orbes sphériques réels agissant les uns sur les autres, et rendant compte de toutes les observations faites à l'époque. Il ne s'agit donc pas uniquement d'un modèle mathématique comme l'était le système de Ptolémée, et c'est pourquoi, pour M. M., bien que Peurbach reste fidèle au

géocentrisme, c'est dans le contexte de ses *Theoricae novae planetarum* que doivent être appréciés les travaux de Copernic.

L'ampleur de l'étude qui nous est proposée est telle qu'il n'est pas possible d'en donner autre chose qu'une idée. Le volume se divise en huit parties.

Dans la première, M. M. établit la biographie de Peurbach à partir de sources anciennes dans lesquelles elle souligne l'admiration dont il a joui de la part de Regiomontanus dont il a été le maître, du cardinal Bessarion destinataire d'un manuscrit de ses *Theoricae novae*, du cardinal de Cuse etc. La liste donnée par M. M. des œuvres et des manuscrits et éditions qui les conservent actualise celle qui figure dans la littérature. Tous ces manuscrits et éditions ont été consultés, comme nous le verrons.

Dans la seconde partie, les *Theoricae novae* sont resitués dans le contexte de l'astronomie médiévale. La principale référence donnée à cette astronomie est au traité de Gérard de Crémone (XIIe siècle), utilisé pendant tout le Moyen Âge. On peut regretter qu'il ne soit pas fait allusion aux commentaires médiévaux au livre XII de la *Métaphysique*, notamment à celui de Jean Buridan. M. M. s'appuie sur le témoignage de Regiomontanus pour montrer qu'a été très tôt reconnu à Peurbach le mérite d'avoir réussi à concilier les exigences des physiciens et celles des mathématiciens et astronomes. Puis elle évoque le traité sur la configuration du monde d'Ibn al-Haytham dont la problématique est également physique, examine en détail la tradition manuscrite de sa version latine pour conclure qu'aucun élément ne permet de conclure à une influence dans le monde latin du XVe siècle.

La troisième partie contient une description minutieuse des premiers manuscrits des *Theoricae novae*. Trois sont issus du cours donné en 1454 à l'université de Vienne, les deux autres ont été offerts à deux personnalités importantes, l'archevêque Vitez et, en 1461, au cardinal Bessarion. Les variantes textuelles sont peu significatives si bien que M. M. insiste particulièrement sur les très nombreuses figures qui, sur la quasi-totalité des sujets examinés, illustrent minutieusement le texte.

La quatrième partie, particulièrement riche, est une enquête très complète sur la fortune de l'ouvrage. Cette fortune se marque d'une part par des éditions dont l'apparat iconographique se renouvelle, d'autre part par des éditions commentées faisant écho à des enseignements effectivement dispensés. M. M. donne une importance particulière à l'édition *princeps* (1473) de Regiomontanus et aux deux éditions (1482-1485) de Radolt à Venise, dont s'inspireront la plupart des publications postérieures. Les programmes éditoriaux tant de Regiomontanus que de Radolt opposent la rigueur de l'ouvrage aux « divagations » de l'ouvrage de Gérard de Cremone. En ce qui concerne les éditions commentées, M. M. insiste sur celle de Brudzewo célèbre maître de Cracovie, dont l'enseignement (fin XVe) a largement inspiré plusieurs maîtres célèbres, entre autres à Leipzig. Elle examine ensuite des éditions du XVIe siècle à Venise et à Milan, celles d'Oronce Finé à Paris, celle d'Apian à Ingolstadt, celle de Wittenberg inspirée par Melanchton etc., et, en s'appuyant sur les variantes d'apparats iconographiques établit des filiations. Enfin, elle montre que l'intérêt pour les *Theoricae novae* de Peurbach se maintient en Allemagne, notamment à Cologne et Wittenberg, jusqu'au milieu du XVIIe siècle.

Les parties suivantes sont consacrées à l'édition et à la traduction proprement dites.

Dans la cinquième partie est expliquée, et justifiée, la façon dont elles ont été réalisées. Une étude intégrale des versions connues des *Theoricae novae* a conduit M. M. à distinguer trois moments dans la vie du texte. Le premier moment est celui des versions élaborées par Peurbach de 1454 à 1461 au cours de son enseignement, versions qui sont conservées dans les cinq manuscrits cités dans la troisième partie de l'ouvrage, le second moment est celui de l'édition *princeps* de Regiomontanus, le troisième moment correspond à l'ensemble des versions postérieures manuscrites et imprimées qui en assurent la diffusion. L'édition *princeps* ayant une place clairement centrale a été choisie comme fondement pour l'établissement de l'édition critique, édition dans laquelle sont notées toutes les variantes figurant dans les versions des cinq manuscrits précédents. L'examen de ces variantes, tant textuelles qu'iconographiques, permet alors à M. M. d'établir un *stemma* très crédible.

La sixième partie est constituée par l'édition critique du texte avec, en vis-à-vis, la traduction française. Les figures illustrant le texte latin sont celles de l'édition *princeps*, mais M. M. considérant qu'elles ne sont pas toujours suffisamment intelligibles, les a remplacées dans la traduction française par des figures qu'elle a elle-même élaborées. De plus elle a reproduit en annexe toutes celles qui illustrent les cinq manuscrits cités.

Dans la septième partie, M. M. a, pour aider le lecteur, ajouté un minutieux commentaire suivi au texte de Peurbach.

L'ouvrage se termine par la description impressionnante des versions, toutes consultées, qui transmettent les *Theoricae novae* soit 38 manuscrits et 27 éditions anciennes.

En conclusion, par son érudition sans faille conjuguée à son souci de prendre en compte la difficulté du texte, M. M. a procuré aux spécialistes un remarquable ouvrage de référence.

Jean Celeyrette
CNRS & Université de Lille

The Body of Evidence : Corpses and Proofs in Early Modern European Medicine / edited by Francesco Paolo de Ceglia. – Leyden ; Boston : Brill, 2020. – 364 p. – (Medieval and Early Modern Philosophy and Science, 30). – 1 vol. relié de 16 × 24 cm. – 154,00 €. – isbn 978-90-04-28482-1.

Du côté de la médecine légale, le début des Temps modernes fut une période d'intense structuration, doublée de remise en question des principes anciens. Initialement, le corps du défunt était examiné dans le but de déterminer si les signes observés sur la dépouille d'une personne ayant vécu en odeur de sainteté s'expliquent par des causes pathologiques ou ont une origine divine. Puis, progressivement, le médecin, expert du corps vivant, fut de plus en plus souvent appelé pour examiner le défunt, victime supposée d'une tentative de meurtre, et déterminer les causes de la mort afin que la justice puisse statuer.

Le livre retrace en quelque sorte le parcours de la connaissance du corps mort depuis le Moyen Âge jusqu'au statut de discipline spécifique et à la place de l'expert du corps mort dans le système judiciaire. L'ouvrage est divisé en trois grandes parties. La première, intitulée « From Divination to Autopsy », envisage les balbutiements de l'examen des corps,

effectué en vue de rechercher des signes permettant d'approcher une certaine vérité. C'est au XIIIe siècle que s'opère un tournant : la fréquence des autopsies augmente et les connaissances sur le corps mort gagnent un statut de science. La deuxième s'attache à étudier la construction de cette science, notamment la codification progressive de la procédure d'autopsie. Dans le même temps, on voit que lors des grandes épidémies, la contagion à partir de corps pourrissants et/ou infectés préoccupe les experts médicaux, exposés en première ligne. Enfin, en troisième partie, viennent des illustrations par des cas dans lesquels l'exploration du corps a contribué à l'établissement de la vérité judiciaire, y compris dans des cas de suicide, d'infanticide ou d'avortement. Une comparaison est même établie entre le Royaume de Naples et celui de la France.

L'examen des corps des défunts fut très tôt pratiqué à Bologne, où l'université jouait déjà un rôle de stimulation de la curiosité scientifique et de creusot d'échanges entre disciplines intellectuelles, notamment la médecine et le droit. Si les autopsies médico-légales (point de vue juridique et judiciaire) et les dissections (point de vue scientifique et médical) diffèrent, on peut les considérer comme participant d'une même approche intellectuelle. Ce sont les incohérences entre les textes et la réalité ou entre les différents auteurs qui ont incité les anatomistes de la Renaissance à se tourner vers le cadavre pour des dissections visant à enrichir les connaissances. Mais il fallait se procurer des corps. Les autorités locales y pourvoient en partie en attribuant aux maîtres d'anatomie des corps de condamnés exécutés. Mais il arrivait que des étudiants aillent déterrer des cadavres. Peu à peu une formation médicale s'imposa à ceux qui devaient examiner les corps à des fins judiciaires, tandis que les dissections à visée anatomique et scientifique se développaient peu à peu avec, dans les premiers temps, quelques hésitations et divergences sur la technique à suivre. Mais avec le temps, des méthodes de plus en plus adaptées et de plus en plus codifiées virent le jour.

Parmi les questions fondamentales qui se posaient aux médecins, outre les aspects judiciaires, figurait celle de savoir quelle était la nature des malformés : les monstres doubles, par exemple, étaient-ils une ou deux personnes ? On perçoit là la portée théologique de la question, qui débouche sur la problématique de l'introduction de l'âme dans le corps en formation. Et qu'en est-il du suicide ? Se suicider, c'est tuer son corps, mais c'est aussi tuer son âme. Devant un tel acte, la sépulture est remise en question. Mais comment déterminer s'il y a eu suicide, crime ou accident ? La médecine légale a pris de plus en plus d'importance à partir du XVIIIe siècle dans les recherches concernant le suicide. Un lien s'est progressivement établi entre les troubles mentaux et certains suicides. La noyade et l'empoisonnement sont autant d'autres questions que le légiste doit apprendre à explorer. Et parallèlement à l'évolution des techniques qu'il met au point et utilise, son statut progresse de décennie en décennie, au point d'en faire même un officier royal.

À travers cet ouvrage, on assiste véritablement à la naissance de la médecine légale, avec la progression des techniques, l'arrivée de l'immixtion du doute. Il y a aussi la structuration progressive du métier de médecin légiste. Et le processus n'étant pas le même partout, nous sommes gratifiés d'une comparaison entre la France et le Royaume de Naples. Tout cela dans son contexte politico-institutionnel, à travers lequel, pour les premiers siècles des Temps modernes tout au moins, on perçoit encore en filigrane les méthodes inquisitoriales. On perçoit les grands débats sur des situations concrètes : crime, noyade, infanticide, ainsi

que la progression du raisonnement et des connaissances. C'est un livre très intéressant, mais très « pointu ». Il est doté d'une bibliographie extrêmement riche.

Jean Andris
Centre d'études de l'histoire de la pharmacie et du médicament

Riopelle (Christopher) - Szczerski (Andrzej) - Gingerich (Owen), *Conversations with God : Jan Matejko's Copernicus*. – London : National Gallery Company (distributed by Yale University Press), 2021. – 64 p. – 1 vol. broché de 23 × 27 cm. – $16.99. – isbn 978-1-85709-669-9.

Juché au sommet de la tour de Frombork ; ayant derrière lui la cathédrale, bien reconnaissable, dont il est l'un des chanoines ; accompagné de divers livres et instruments astronomiques attestant qu'il était, il y a un instant encore, au travail ; tenant d'ailleurs un compas à la main — les auteurs oublient de signaler ce détail qui n'en est pas un[1] ! —, celui qui a déjà élaboré son système héliocentrique, comme en témoigne le diagramme fidèlement reproduit tel qu'il figure dans le *De Revolutionibus*, est représenté, à genoux, en communication extatique avec la divinité, soit qu'il Lui offre, avec confiance, la découverte scientifique qu'il vient de faire (Riopelle), soit qu'il Lui exprime sa gratitude (Szczerski).

Telle est la scène, bien sûr imaginaire, par laquelle un Polonais, en l'occurrence le peintre Jan Matejko (1838-1893), rend hommage, en 1873, à celui qu'il revendique être un compatriote, à savoir Nicolas Copernic (1473-1543), à l'occasion de la commémoration du 400e anniversaire de sa naissance. Conservée à l'Université Jagellon de Cracovie, cette toile, intitulée *Conversations avec Dieu*, a été exceptionnellement exposée en 2021 à la National Gallery, ce qui nous vaut ce charmant petit catalogue d'exposition. Celui-ci

1. Thème de l'iconographie chrétienne — présent dans les *Bibles moralisées* médiévales (par ex. le codex 2554 et, bien plus émouvant, le codex 1179 [Vienne, Österreichische Nationalbibliothek]) aussi bien, par ex., que chez Jean Fouquet (*Dieu présente Ève à Adam*, v. 1475) — ayant été repris par l'iconographie païenne — outre Dürer, songeons plus particulièrement à *God as an Architect* (1794) et à l'*Isaac Newton* (1795) de William Blake —, le compas signale, conformément à Sg XI, 20, que c'est en véritable architecte rationnel que Dieu a consciemment et parfaitement créé le monde avec ordre et mesure. Toutefois, à la différence du compas du Créateur — que ce soit celui de la tradition chrétienne ou de Blake — qui est naturellement dirigé vers le monde lui-même, celui de Newton et de Copernic est, plus modestement, tourné vers les livres qui se contentent de le décrire. En accord avec la plus grande cohérence instaurée (ou, mieux, reconnue) par Copernic au sein du monde créé et conformément à la volonté de Matejko d'insister sur la foi de l'astronome, ne pourrait-on pas voir, dans ce détail, la trace d'une connivence toute particulière entre Celui qui fait et celui qui révèle ? Ou, pour tenter de le dire plus savamment, entre Celui qui crée véritablement et celui qui, en rendant enfin visible par la science la véritable forme du monde, opère, conformément à sa ressemblance avec Dieu, une *seconde* création ? Comme me l'a fait remarquer M. Riopelle à la suite de cette observation, on notera également le *torquetum*, placé juste au-dessus du compas, qui semble émerger de la direction dans laquelle regarde Copernic et qui pourrait venir renforcer l'existence de cette connivence. Sur le symbole du compas dans l'art chrétien, outre le monumental *Dieu et ses images : une histoire de l'Éternel dans l'art* (Bruxelles : Éditions Luc Pire, 2008), cf. plus spécifiquement François Bœspflug, *Dieu au compas : histoire d'un motif et de ses usages* (Paris : Les Éditions du Cerf, 2017).

paraît contredire le jugement antérieur d'un documentaire de BBC Four selon lequel cette peinture ne méritait pas le moindre intérêt.



Jan Matejko, *Conversations avec Dieu*.

Après une courte introduction, dépourvue de toute prétention, à Copernic et à son astronomie due au grand Owen Gingerich[1], dont le titre (*Nicolaus Copernicus : the man who invented the solar system*) peut conduire à un anachronisme et qui se termine, assez abruptement, par une question (« À quoi ressemblait Copernic ? ») dont la réponse n'est pas sans intérêt pour l'analyse de la toile, ce catalogue se poursuit par l'article, beaucoup plus étoffé et réfléchi, de Christopher Riopelle. Prenant pour point de départ Nietzsche — au risque de malheureusement renforcer l'interprétation traditionnelle de la révolution copernicienne que ce dernier a particulièrement bien incarnée —, Riopelle fait ressortir la signification, essentiellement politique, de cette œuvre : à une époque où les Polonais viennent de perdre l'indépendance de leur pays désormais partagé entre la Prusse, la Russie et l'Autriche et où la figure de Copernic est l'enjeu de conflits nationalistes véhéments, Matejko, le plus illustre représentant polonais de la peinture d'histoire, prend position : en rappelant non seulement l'endroit où Copernic fit sa découverte, mais aussi et surtout (comme en témoigne suffisamment le titre) la foi catholique qui était la sienne, il revendique la polonité du célébrissime astronome. Digne fils de la très catholique Pologne, celui-ci n'a jamais perçu la moindre opposition entre sa science et sa foi. Le troisième article, celui d'Andrzej Szczerski, complète heureusement le propos du précédent.

1. Rappelons qu'il a déjà été question de ce dernier au sein de cette rubrique de la *Revue* : cf. notre compte rendu de son *Livre que nul n'avait lu : à la poursuite du « De Revolutionibus » de Copernic* (vol. 181, 2010, n°1, pp. 117-118).

Ceux qui ont déjà croisé cette peinture sans bien la comprendre ainsi que ceux qui viennent de la découvrir à l'occasion de cette exposition pourront dorénavant cerner, grâce à ce petit catalogue, le message principalement nationaliste qui est le sien.

Jean-François Stoffel
Haute école Louvain-en-Hainaut

Heilbron (John L.), *The Ghost of Galileo : In a forgotten painting from the English Civil War*. – New-York : Oxford University Press, 2021. – vii, 518 p. – 1 vol. relié de 23 × 15,50 cm. – isbn 978-0-1988-6130-0.

John Heilbron est l'auteur de nombreux ouvrages en histoire des sciences dont une importante biographie de Galilée (J. L. Heilbron, *Galileo*, Oxford University Press, 2010). Toujours à l'affût de l'influence de Galilée en Angleterre où il habite depuis de nombreuses années, l'auteur a été frappé en visitant Kingston Lacy, une imposante résidence dans le Dorset, par un tableau dont personne ne l'avait prévenu. Il s'agit de la représentation d'un jeune homme assis à une table et allongeant la main droite vers un télescope et un livre ouvert. Derrière lui, posant la main sur un globe céleste, se tient quelqu'un que l'on imagine aisément être son maître. Heilbron a réussi à identifier le jeune homme comme le fils et l'héritier de Sir John Bankes, le procureur général et juge en chef du Royaume sous le roi Charles I. L'homme debout est son tuteur, le médecin Sir Maurice Williams qui avait fait ses études à l'université de Padoue quelques années après le départ de Galilée pour Florence et qui était lié à la famille royale. Heilbron lui consacre un chapitre où nous apprenons que la mélancolie était la maladie à la mode et qu'un médecin se devait de faire, et de prendre au sérieux, l'horoscope de son patient. Le peintre, Francis Cleyn, a aussi droit à un chapitre. Né à Rostock en Allemagne, il fut envoyé en Italie pour étudier et il y resta quatre ans. Il séjourna à Rome et à Venise où il rencontra Sir Henry Wotton, l'ambassadeur d'Angleterre à la république. Après son retour au Danemark, il se rendit en Angleterre avec une lettre d'introduction de Wotton pour le Prince de Galles. Cleyn fut chaleureusement accueilli par le roi Jacques Ier qui vit en lui l'homme qu'il lui fallait pour sa nouvelle manufacture de tapisserie et c'est ainsi que Cleyn devint célèbre pour ses dessins qui furent copiés et reproduit en tapisserie sous sa direction. Lorsque la guerre civile éclate, Cleyn se trouve à Oxford où le roi établira son siège après avoir été expulsé de Londres par Cromwell. Heilbron décrit ce que pouvait signifier cette guerre civile. Le cadre démographique est assez restreint : cinq millions d'habitants environ pour l'Angleterre, l'Écosse et le pays de Galles. Mais dans ce cadre, les enjeux sont multiples. L'étendue de la souveraineté royale est prioritaire, bien qu'elle n'ait cessé d'être l'enjeu de coups de force, jusqu'au règne de Jacques II puis de Charles Ier. Ensuite, quelles sont les pratiques chrétiennes et l'Église qui doivent l'emporter suite au rejet de l'autorité de Rome ? En troisième lieu, quelle doit être l'étendue des prérogatives du Parlement et de la Chambre des Lords, dans la coutume tout comme dans la tradition de la Grande Charte qui règle les pouvoirs depuis son adoption, en 1215 ? Enfin, et nous touchons le fond de la question, comment doit-on légitimer le statut du peuple, de ces paysans sans propriété, de ces artisans industriels aux droits locaux restreints, de ces pêcheurs et marins qui vivent plus sur mer que sur terre ? Il est néanmoins difficile de dégager les facteurs décisifs et c'est ce qui nous amène à l'interprétation de l'image que nous trouvons sur la page du livre qui est ouverte et qui a décidé Heilbron à rédiger cet

ouvrage. Le titre est absent, mais l'image devait être suffisamment éloquente pour qu'un anglais, éduqué à l'université d'Oxford, puisse reconnaître le frontispice du *Dialogue sur les deux plus grands systèmes du monde* tel qu'il apparaît, non pas dans la version originale en italien parue en 1632 et due au peintre Stefano della Bella, mais dans la traduction latine de Matthias Bernegger, qui fut publiée par les Elzevir à Leyde en 1635 et qui comporte un frontispice de Jacob van der Heyden où sont représentés les mêmes trois personnage, Aristote, Ptolémée et Copernic, ce dernier considérablement rajeuni et manifestement en charge de la discussion. C'est de ce frontispice que Cleyn tire son inspiration. Mais pourquoi avoir choisi l'ouvrage de Galilée sur lequel le jeune Banks porte un regard qui suggère l'ennui ou la tristesse plutôt que le désir d'apprendre tandis que celui de son tuteur exprime ce qui pourrait être la lassitude de l'enseignant devant le manque d'enthousiasme de son élève ? Mais une autre question se présente aussitôt. Ne s'agirait-il pas du regret que l'on éprouve devant l'échec d'un homme génial qui a subi une condamnation injustifiée ? Heilbron se lance dans une enquête qui le conduit à résumer de façon lucide et compétente les péripéties qui ont mené à l'interdiction du *Dialogue* de Galilée à Rome en 1633 et à celles qui ont causé le désarroi des royalistes qui se sont réfugiés à Oxford en 1643 ou 1644 quand Cleyn peint son portrait. Pour agrémenter sa présentation, Heilbron réussit un véritable tour de force en imitant Galilée par la création d'un dialogue, non plus entre Salviati, Sagredo et Simplicio comme l'avait fait Galilée, mais entre le médecin Maurice Williams, son pupille et le peintre Cleyn. Ils peinent à trouver une raison du choix du frontispice, mais le divertissement qui nous est proposé est à la fois ingénieux et agréable.

WILLIAM R. SHEA
Université de Padoue

SCHMIT (Christophe), *La philosophie naturelle de Malebranche au XVIIIe siècle : inertie, causalité, petits tourbillons*. – Paris : Classiques Garnier, 2020. – 809 p. – 1 vol. broché de 15 × 22 cm. – 58,00 €. – isbn 978-2-406-08733-5.

Cet ouvrage porte sur la philosophie naturelle de Malebranche et son devenir au XVIIIe siècle (*Introduction générale*, p. 11). Le travail de Christophe Schmit vient ainsi compléter les contributions réunies par Delphine Antoine-Mahut sous le titre *Les malebranchismes des lumières : études sur les réceptions contrastées de la philosophie de Malebranche, fin XVIIe et XVIIIe siècles* (Paris, Honoré Champion, 2014). Mais si l'ouvrage collectif investissait différents domaines de la connaissance — gnoséologique (la vision en Dieu), psychologique et anthropologique (l'obscurité de l'âme à elle-même ; la conceptualisation malebranchienne de l'imagination), moral (l'« épicurisme » de Malebranche)… —, le livre de Christophe Schmit met, plus particulièrement, l'accent sur certaines décisions métaphysiques et physiques majeures de l'oratorien, à l'origine d'une des formes prises par la philosophie mécaniste au XVIIIe siècle.

La postérité de Malebranche peut ainsi se mesurer à l'aune de l'« occasionnalisme physique » — présent dans le paysage intellectuel français du premier XVIIIe siècle —, en tant que forme prise par le malebranchisme, ainsi qu'à celle de sa critique du concept cartésien de force de repos et du concept de force d'inertie qu'elle entraîne (il convient cependant de distinguer l'occasionalisme de la remise en cause de cette force de repos (*1re partie*, chap. 3,

p. 150), celle-ci n'entrainant pas nécessairement celui-là). En outre, la révision radicale de la physique cartésienne conduit Malebranche à élaborer une théorie des petits tourbillons que Christophe Schmit analyse patiemment dans son étude de l'*Éclaircissement XVI* et dont il montre le succès chez certains savants pour qui ce texte est véritablement fondateur. Cela étant dit, le rayonnement de cette théorie malebranchienne et les récurrences de principes, de lois et de méthodes ne signifient pas l'acceptation sans réserve d'un mécanisme qui prend, au contraire, des formes variées. C'est pourquoi la mise en évidence d'un certain « groupe malebranchiste » (*Introduction générale*, p. 27) en physique n'est pas le seul mérite de cet ouvrage. Outre son érudition, on appréciera la manière avec laquelle l'auteur insiste sur la fécondité d'une philosophie dont les différents amendements conduiront à l'élaboration de mécanismes hérités de Descartes. Certains savants iront jusqu'à « augmenter » la philosophie malebranchienne en proposant un récit cosmogonique et en statuant sur la chimie, le magnétisme ou l'électricité, à propos desquels Malebranche se contentait de renvoyer aux explications de l'auteur des *Principes de la philosophie*.

L'organisation de l'ouvrage de Christophe Schmit est plus particulièrement la suivante.

Dans une *Première partie* intitulée « Force d'inertie et causalité », l'auteur revient sur les réflexions cartésienne (chap. 1) et malebranchienne (chap. 2) sur la force des corps au repos ainsi que sur « l'occasionalisme physique » qu'il est possible de rattacher à l'œuvre de Malebranche (chap. 3). Christophe Schmit examine alors les travaux de Newton, Pardies, Leibniz, Parent, Varignon, Saulmon, Mazière, Privat de Molières, Lamy, Lozeran du Fesc, Crousaz, Dortous de Mairan, Clarke, Sigorgne, la marquise Du Châtelet, Trabaud ou encore ceux de D'Alembert.

Dans une *Deuxième partie* intitulée « La théorie des petits tourbillons », l'auteur analyse, de façon détaillée, la théorie des petits tourbillons développée par Malebranche dans l'*Éclaircissement XVI* (chap. 1), puis montre sa postérité au XVIII[e] siècle (chap. 2). Il apparaît que ce « mécanisme rénové », se voulant un approfondissement et un perfectionnement du mécanisme cartésien *et* malebranchien, ne constitue pas une école homogène (*2[e] partie*, chap. 2, p. 416). Christophe Schmit énonce ensuite différentes théories de la matière formulées dans le cadre de ce nouveau mécanisme (chap. 3). Il interroge alors la nature du feu et de la lumière ; il étudie certains travaux sur la calcination des métaux ; il examine des explications des états de la matière et des mécanismes de réactions chimiques. Le chapitre 4, quant à lui, détaille le rôle joué par les petits tourbillons dans les collisions, la pesanteur, les phénomènes optiques, magnétiques ou encore électriques. Enfin, le dernier chapitre expose les critiques adressées à cette théorie des petits tourbillons. Dans cette *Deuxième partie*, l'auteur cite Privat de Molières, Le Corgne de Launay, Keranflech, Lozeran du Fesc, Bouillet, Béraud, Gamaches, Réaumur, Molières, Nollet, Jallabert, Fontenelle, Dortous de Mairan et Sigorgne.

Outre l'évidente importance de ce livre pour la compréhension de la physique de Malebranche — notamment sa théorie des petits tourbillons — et celle de sa postérité, le travail de Christophe Schmit revêt un intérêt méthodologique majeur pour l'historien de la philosophie. Son ouvrage rappelle, en effet, qu'on ne saurait subsumer sous une seule et même catégorie les nombreux savants se réclamant du « cartésianisme ». Si être « cartésien » signifie, très souvent, s'écarter de Descartes et d'autres cartésiens, on évitera de

rassembler des pratiques philosophiques et scientifiques distinctes en masquant les causes de ces différences (*Conclusion générale*, p. 763). Le livre de Christophe Schmit est donc une belle contribution à l'histoire de la philosophie mécanique au XVIII[e] siècle, dont l'un des courants prend sa source dans la pensée de Malebranche.

Vincent Geny
Université de Nantes & Lycée Louis Vincent (Metz)

Banchetti-Robino (Marina Paola), *The Chemical Philosophy of Robert Boyle : Mechanicism, Chymical Atoms, and Emergence*. – New-York : Oxford University Press, 2020. – x + 196 p. – 1 vol. relié de 16 × 24 cm. – isbn 978-0-19-750250-1.

Le livre de Banchetti-Robino est un exemple intéressant d'histoire des sciences qui s'inspire des débats philosophiques actuels. L'auteur cherche des déclarations et des passages qui corroborent une interprétation philosophique spécifique des textes de Boyle. Elle constate que « la position émergentiste de Boyle implique une méréologie non extensionnelle et non sommative des atomes chimiques ». Dans les écrits de Boyle, les propriétés chimiques seraient « dispositionnelles et relationnelles » ; elles seraient également « émergentes et survenantes » (pp. 2-3).

L'introduction franche de Banchetti-Robino permet de comprendre la tension intellectuelle qui traverse tout le livre : les sources primaires et secondaires sont analysées afin de soutenir l'attitude méréologique spécifique de Boyle. L'analyse est d'ordre logique, selon les langages et les modes de la philosophie récente. Dans cette tâche intellectuelle, quel est le rôle de l'analyse historique ? Il semble que l'histoire des sciences soit nécessaire seulement pour justifier une thèse philosophique. Le problème principal est que l'histoire des sciences, et les recherches historiques en général, est intrinsèquement ouverte à des résultats imprévisibles. L'histoire des sciences ne peut prétendre être libre de tout engagement philosophique, mais l'engagement ne devrait pas être trop fort. Dans ce livre, la philosophie surmonte l'histoire, et l'histoire a une teinte *whiggish* remarquable.

La philosophie mécanique du XVII[e] siècle, et plus précisément la « tension intrinsèque… entre la mécanique cartésienne et la philosophie chimique », est le personnage principal du livre. Parmi les autres personnages, on trouve « l'atomisme mécaniste de Gassendi », qui était « plus compatible avec la pratique expérimentale chimique » que « le corpuscularisme mécaniste de Descartes ». Cette tension intrinsèque est soulignée avec encore plus d'emphase lorsque l'auteur reconnaît que « [l]a discussion est pertinente pour les débats les plus récents en philosophie de la chimie sur l'émergence des propriétés chimiques et sur la réductibilité de la chimie à la physique ». Une fois de plus, dans la science de Boyle, les propriétés chimiques seraient « dispositionnelles et relationnelles », et de plus « émergentes et survenantes ». La « méréologie non extensionnelle et non sommative de la totalité et de ses parties » de Boyle anticiperait « la conception de l'élémentarité proposée plus tard par John Dalton ». Et une fois de plus, l'auteur affirme « la pertinence de la philosophie chimique de Boyle pour les débats contemporains en philosophie de la chimie » (pp. 4-6).

Le fait est que la philosophie mécaniste expliquait trop et, en même temps, elle expliquait trop peu. Elle prétendait tout expliquer en termes très généraux, mais elle ne pouvait rien expliquer en détail lorsqu'il s'agissait de phénomènes complexes : par exemple, les réactions chimiques et les processus de la vie. Comme Alan Chalmers l'écrivait en 2009 dans le livre *The Scientists' Atom and the Philosophers' Stone,* « [une] théorie adaptable à tout n'explique rien » (Chalmers, 2009, p. 16).

L'auteur invite Boyle dans un jeu philosophique fascinant autour de « réduction, émergence et survenance », dans lequel sont impliqués à la fois les contemporains de l'auteur et les contemporains de Boyle. Deux questions se posent. Premièrement, l'auteur ne s'interroge pas sur l'adéquation des concepts philosophiques du XXe siècle au contexte intellectuel de Boyle. Elle a présenté un exemple d'histoire *philosophique* des sciences, où l'analyse se fait au moyen de concepts éternels et universels. Deuxièmement, le concept d'« anticipation » est un concept fondamental du livre, un concept qui a été largement débattu dans l'histoire des sciences.

Bien que l'anachronisme semble parfois déroutant, l'auteur présente des recherches intéressantes sur la fin de la Renaissance : *semina*, *minima* et *archéa* de van Helmont (pp. 35-43), les atomes et molécules de Gassendi (pp. 47-50), et le « vif débat épistolaire entre Boyle et Spinoza » avec la médiation d'Henry Oldenburg sur le nitrate de potassium (pp. 63-68) sont largement discutés.

Selon Banchetti-Robino, le non-réductionnisme de Boyle a conduit à une sorte d'holisme, dans lequel « les corps ne doivent pas être considérés isolément, mais toujours comme des parties de l'univers ». Autrement dit, « c'est dans l'ensemble du monde qu'un corps a ses qualités secondaires ». Synthétiquement, l'auteur parle de « la conception quasi-holistique et non réductionniste de Boyle des atomes chimiques » (pp. 119, 125 et 156).

L'auteur sélectionne les passages de Boyle qui renforcent sa thèse. Dans ce contexte, la complexité et l'évolution des théories de Boyle dans le temps sont nécessairement négligées. De plus, les différentes significations du mot *mécanique* dans le contexte historique semblent négligées. Cependant, nous trouvons quelques indices de ce problème lorsque l'auteur affirme que le *mécanisme* est un engagement philosophique très général pour Boyle. Il considérait « toute explication qui évite les principes non physiques » ou les causes non physiques « comme étant une explication mécaniste, ou, au moins, compatible avec la philosophie mécanique » (pp. 137 et 142-143).

Une remarque importante mérite ici d'être soulignée. Le point de vue de Boyle sur ce que nous appelons aujourd'hui le réductionnisme et l'holisme dépendait de la cible spécifique de ses écrits. Lorsque Boyle s'est prononcé contre la notion aristotélicienne de *forme substantielle*, il a insisté sur le meilleur pouvoir explicatif des concepts mécaniques. Face à la complexité des réactions chimiques, il ne pouvait se satisfaire de la vision mécanique, qui était trop abstraite et générale.

Comme l'a souligné Alan Chalmers, la séparation entre ce que nous appelons aujourd'hui *science* et ce que nous appelons *philosophie* était en cause même au XVIIe siècle. À l'époque, cette séparation était entre la nouvelle philosophie expérimentale et les nouvelles

versions de la *philosophie naturelle*. Boyle lui-même « a fait la distinction entre la science expérimentale et la philosophie mécanique » (Chalmers, 2009, pp. vi, 99 et 106). Nous devrions considérer Boyle comme un érudit aux multiples facettes : il y a le philosophe expérimental, le philosophe naturel et le théologien.

Le concept d'*anticipation* est le concept fondamental de la conclusion du livre : les derniers mots déclarent que la philosophie chimique de Boyle « était prémonitoire et [...] bien en avance sur son temps ». À deux reprises, Banchetti-Robino affirme que « Boyle a anticipé bon nombre des questions fondamentales » soulevées par « les derniers philosophes de la chimie » et par « la pratique moderne de la chimie ». Et à deux reprises, elle souligne que « Boyle manquait du vocabulaire philosophique » pour parler de « l'émergence et [de] la survenance » ou de « la réduction ontologique et épistémologique, la disposition structurelle, la relationnalité des propriétés et la méréologie des ensembles chimiques ». Néanmoins, l'auteur constate que Boyle a clairement abordé « les mêmes préoccupations que celles reflétées dans la littérature philosophique contemporaine sur la chimie ». En fin de compte, Boyle « a compris exactement ce que Robert Mulliken [lauréat du prix Nobel de 1966, NDLR] aurait dit trois siècles plus tard » (pp. 168-171).

L'éclat de Boyle et son rôle dans l'émergence de la science moderne sont indiscutables. Il est certainement un personnage exceptionnel dans l'histoire des sciences. Le débat sur la fiabilité de concepts comme *anticipation* et *prescience* est toujours ouvert.

STEFANO BORDONI
Université de Bologne

KOX (A. J.) - SCHATZ (H. F.), *A Living Work of Art : The Life and Science of Hendrik Antoon Lorentz*. – New-York : Oxford University Press, 2021. – 281 p. – 1 vol. broché de 16 × 24 cm. – isbn 978-0-19-887050-0.

Au seuil de cette biographie de Hendrik A. Lorentz (1853-1928) la question qui se pose sans ambages : « Qui était cet homme, ce physicien dont la mort faisait la une de tous les journaux néerlandais le 9 février de 1928 ? » (p. 1) prend, je pense, une tournure quelque peu différente. Comme un écho, proche et lointain à la fois, une phrase de Benedetto Croce reprend vie : « Que reste-t-il d'un homme ? Ce qu'il a fait, c'est-à-dire l'œuvre à laquelle il a collaboré et à laquelle, plus ou moins, se lient symboliquement les syllabes de son nom »[1]. L'auteur italien ajoute : « *Nell'opera impersonale è bruciata la sua vicenda personale* » (*ibid.*). Ainsi tous les heurs et malheurs de la vie personnelle sont jetés au feu. Réduits en cendre. Seule survit l'œuvre. Sans personne. Lorentz, dont la vie elle-même fut, selon Einstein[2], une œuvre d'art (p. 241), semble échapper au sort décrit par Croce.

1. « *Che cosa resta di un uomo ? Quel che ha fatto, ossia l'opera alla quale ha collaborato e alla quale piú o meno si legano simbolicamente le sillabe del suo nome.* » Croce, B. (1966). *Letture di Poeti*. Bari : Editori Laterza, p. 103. Le texte de Croce, composé en 1948, porte sur Benjamin Constant.
2. En 1925, lors de la célébration du 50e anniversaire du doctorat de Lorentz, Einstein signale, dans son discours, que peu sont ceux qui peuvent créer des œuvres d'art, mais plus rares encore sont ceux qui ont le pouvoir de transformer leur propre vie en une œuvre d'art. Lorentz, à son avis, a reçu ce don.

Pourtant sa veuve, Aletta Kaiser, suivant les instructions de son époux, brûla trois paquets de lettres « avant que quelqu'un ne succombe à la tentation de les ouvrir » (lettre à Paul Ehrenfest (1880-1933), successeur de Lorentz à Leiden ; p. v). Ce livre, écrit d'une plume limpide, ignore cette disjonction et dans ses pages, l'œuvre et la vie du physicien vont de pair. La finesse de touche y est remarquable. Nulle formule ne vient émailler certains chapitres qui considèrent des analyses théoriques fort subtiles[1]. Cette contrainte est aussi, et surtout, une courtoisie, car il s'agit, sans doute, de ne point troubler des lecteurs que la profusion de symboles risque d'éloigner de ce bel ouvrage dont il est temps de connaître le contenu. Le voici : Prologue ; 1. « Enfance et années d'études » ; 2. « Le professorat et la vie de famille » ; 3. « Aletta, femme en titre » ; 4. « Premiers travaux et théorie des électrons » ; 5. « Le nouveau siècle : perspective et rétrospective » ; 6. « Prix Nobel et reconnaissance internationale » ; 7. « Haarlem, Einstein, Ehrenfest et Solvay » ; 8. « La théorie quantique et la théorie de la relativité générale » ; 9. « La Première Guerre mondiale » ; 10. « La Commission Zuiderzee » ; 11. « Crise de la coopération internationale » ; 12. « Les dernières années : voyages et tributs » ; Épilogue ; Bibliographie ; Index ; Arbre généalogique ; 25 photographies illustrent la lecture. Souvent elles en disent long sur les protagonistes du livre.

Certes, suivre ce sommaire, pas à pas, est une tâche ardue. Il convient donc de s'arrêter sur quelques thèmes dont la portée, sinon la mélodie, relève du noyau même de la physique et, dans une moindre mesure, de la vie. Si l'on écarte les articles de divulgation, les livres de texte et les traductions, le corpus de l'œuvre de Lorentz compte 150 travaux qui recueillent ses recherches. Celles-ci portent, pourrait-on dire, sur le spectre complet de la physique de son époque : mécanique classique, électrodynamique, optique, théorie des gaz, liquides, état solide, relativité, théorie de la radiation et mécanique quantique[2]. Dans son for intérieur, Lorentz est convaincu que la connaissance de la nature se manifeste par l'éclaircissement de tous les points qui demeurent dans l'obscurité. C'est donc l'inconnu qui pousse, sans cesse, en avant la recherche (p. 61). Son travail implique et comporte un changement radical en ce qui concerne la structure de la matière. Deux notions, déjà présentes dans sa thèse de 1875, éclairent, simplifient et enrichissent la théorie de Maxwell.

La première est la relation entre les phénomènes microscopiques et les phénomènes macroscopiques : le monde microscopique est composé de particules dont certaines portent une charge électrique et qui se déplacent à travers l'éther, milieu du champ électrique et du champ magnétique. Pour mesurer ces champs dans le monde macroscopique, il s'avère nécessaire de calculer les valeurs moyennes d'ensembles de particules et de molécules[3]. La matière et l'éther coexistent, mais aucune interaction ne les relie. Lorentz introduit une hypothèse : à l'intérieur des atomes se trouvent, aussi, des particules chargées, les « ions ». Il suppose, en outre, que l'une de ces particules peut osciller quand la lumière atteint l'atome.

1. À une exception près : dans une note page 19, on trouve « l'élément d'énergie qui résulte du produit de la fréquence de l'oscillateur et d'une constante », en bref, l'équation de Planck.
2. En 1953, Einstein signale que les idées de Lorentz sont à ce point devenues « la chair et le sang » (« *Fleisch und Blut* ») de la physique qu'il est fort difficile d'en remarquer l'audace (p. 54).
3. Einstein qualifia cette véritable intuition comme « un acte de libération intellectuelle » (« *Erlösende Tat* »), p. 67.

Et cet ion, à son tour, émet de la lumière. Il rend compte ainsi de l'action réciproque de la lumière et de la matière. Ce concept de « particule oscillante » — ou « vibrateur » — lui permet de comprendre la séparation des lignes spectrales due au champ magnétique[1].

La seconde est la possibilité de réduire les phénomènes électromagnétiques dus aux corps en mouvement à ceux des corps en état de repos en vertu de transformations mathématiques auxquelles, en 1905, Poincaré donne le nom de « groupe des transformations de Lorentz ». En l'occurrence, Poincaré formule « le Principe de Relativité » : « Les lois de la Physique sont les mêmes pour un observateur au repos et pour un observateur qui, par rapport au premier, se déplace avec un mouvement uniforme ». Par contre, Lorentz pense que l'espace et le temps sont foncièrement différents et que la simultanéité ne peut dépendre de la position[2]. Aussi, dit-il à propos de la théorie spéciale de la relativité, « Einstein a tout simplement postulé ce que nous avons déduit avec une certaine difficulté et d'une manière qui n'est pas tout à fait satisfaisante à partir des équations fondamentales de l'électromagnétisme » (p. 72). L'approche de Lorentz à la mécanique quantique illustre bien son style. Dans un métal, il considère des électrons accélérés qui émettent une radiation. Après des calculs très élaborés, il trouve un cas spécial de la loi de Planck, mais — ce détail est important — sans faire appel à « l'élément d'énergie », trait fondamental de la découverte du physicien allemand. Sa virtuosité technique est mise au service de la physique classique dont il s'agit de conserver et de parfaire l'intégrité. En 1925, il expose le cœur de sa pensée : « Tout cela est d'une grande beauté et d'une extrême importance, mais malheureusement nous ne le comprenons pas. Nous ne comprenons ni l'hypothèse de Planck sur les vibrateurs ni l'exclusion des orbites non stationnaires et nous ne voyons pas, dans la théorie de Bohr, comment en fin de compte, la lumière est produite. Car, il faut bien l'avouer, la mécanique des quanta, la mécanique des discontinuités, doit encore être faite »[3]. Avec une merveilleuse ouverture d'esprit, il étudie les articles de W. Heisenberg et de E. Schrödinger. À ce dernier il écrit, le 27 mai 1926, une lettre dans laquelle il discute la notion de « fonction d'onde ». Dans sa réponse, le physicien autrichien suggère que seul le produit de la fonction d'onde et de la fonction d'onde conjuguée peut avoir une signification physique. Lorentz croit pourtant avoir mis à mal toute la théorie. Encore et toujours la physique classique, comme un miroir, lui renvoie son image avec un éclat qui l'aveugle. Mais il demeure toujours fidèle à lui-même (p. 169). Cette droiture de Lorentz est en quelque sorte son blason, car elle se déploie en toute circonstance. Quand la Première Guerre mondiale éclate, il entreprend de nombreuses démarches pour apaiser, de part et d'autre, les esprits par trop enflammés. En octobre 1914, des intellectuels allemands, dans un « Appel au monde de la culture » (« *Aufruf an die Kulturwelt* »), défendent avec rigueur et vigueur les faits accomplis par l'armée allemande. Parmi les signataires on découvre les noms de Felix Klein, W. Nernst, M. Planck, W. Röntgen et W. Wien, amis de Lorentz, pour la plupart. Cette proclamation contient six paragraphes introduits

1. Ce résultat expérimental, découvert par Pieter Zeeman, est, depuis lors, appelé « effet Zeeman » (p. 29).
2. Whittaker, Ed. (1989). *A History of The Theories of Aether and Electricity*. New York : Dover Pub. Cf. vol. II, chap. II : « The Relativity Theory of Poincaré and Lorentz » (pp. 33 *et passim*).
3. Kox, A. J. (2013). Hendrik Antoon Lorentz's struggle with quantum theory. *Archive for History of Exact Sciences*, 67, 149-170.

par la phrase : « Il n'est pas vrai que » (« *Es ist nich war, dass* »). Ainsi il n'est pas vrai que l'Allemagne ait violé la neutralité de la Belgique. L'écrit dit haut et fort que l'armée et le peuple c'est tout un, que l'Allemagne, nation de culture (*Kulturvolk*), héritière de Goethe, Beethoven et Kant, se doit de poursuivre et de soutenir la guerre jusqu'à la fin (p. 166). Lorentz est désolé et c'est peu dire. Il écrit aux scientifiques français, ses amis eux aussi. Mal lui en prit. Marcel Brillouin, le 25 février 1915, lui écrit : « Je m'empresse de répondre négativement à votre circulaire qui, je l'avoue, m'a d'abord mis fort en colère, et ensuite fait quelque peine [...]. Nous ne voulons ni pardonner ni oublier, nous n'avons rien à nous faire pardonner » (p. 169). La logique de la guerre est sans failles. À Lorentz est dévolu le rôle ingrat de la belle âme qui lève les bras au ciel.

Plusieurs photos familiarisent le lecteur avec le visage et le port d'Aletta. Celle où elle apparaît avec son époux, prise le 11 décembre 1925, est touchante. Toute une vie s'y résume (photo n°22). Si l'on feuillette cet album, on tombe sur une image qui rassemble Einstein, Paul Ehrenfest et son fils. Ehrenfest est assis au piano et Einstein, souriant, tient sur ses genoux Paul Jr. Une certaine douceur de vivre s'y perçoit (photo n°13). Et l'on songe à Ehrenfest, remarquable physicien, toujours assiégé par le doute (« Suis-je à la hauteur de ma tâche ? ») et dont la fin tragique est décrite par Anne J. Kox et Henriette F. Schatz avec une singulière délicatesse (pp. 144-145). Ehrenfest, cet homme de nulle part, prend la parole, après la mort du physicien néerlandais et discerne dans son sourire, sous une très fine couche d'ironie, un silence ému « qui nous aidait à ennoblir notre joie » (p. 254). Einstein, pour sa part, dit que Lorentz incarnait la personnalité la plus noble et la plus puissante, l'être humain le plus grand et le plus fort qu'il eut jamais connu « au cours du voyage de ma vie » (« *auf dem Lebenswege* »)[1].

J'aimerais conclure ces pages consacrées à ce beau livre avec les mots inspirés à Henri Focillon par *La Légende de la Croix*, œuvre de Piero della Francesca qui se trouve à Arezzo : « On restitue son antique honneur à celui qui, de son temps, fut appelé d'un mot royal, juste interprète d'une sorte de domination paisible de l'esprit, le “monarque” de la peinture »[2]. Pourtant j'hésite : Lorentz, monarque de la physique de son temps ? Il me semble, plutôt, que sa vie et son œuvre trouvent leur place dans la contrée subtile où savoir et sagesse échangent leurs figures dans le jeu lucide de l'intelligence.

Godofredo Iommi Amunátegui
Pontificia universidad católica de Valpara

Rothen (François), *Science, orgueil et préjugés : de quelques controverses qui ont marqué l'histoire du savoir aux polémiques scientifiques d'aujourd'hui*. – Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, 2020. – 296 p. – 1 vol. broché de 13,5 × 21 cm. – 18,90 €. – isbn 978-2-88915-341-1.

Sorti en mars 2020, ce livre de qui se présente comme physicien, mais aussi « intéressé par l'astronomie et l'histoire des sciences », s'offre au lecteur avec un titre rare,

1. Par ailleurs, il soutint que Lorentz « surmonta en lui-même le doute et le scepticisme, ces deux afflictions européennes par excellence » (p. 256).
2. Focillon, H. (1952). *Piero della Francesca*. Paris : Armand Colin, p. 7.

quoiqu'écrit de façon subtile. Puisque le mot « science » est en écriture droite (je n'ose pas dire orthodoxe) et *orgueil et préjugés* en italiques. Le sous-titre précis, bien utile, fait habilement une opposition entre le « savoir » placé dans une aura historique, et les polémiques d'aujourd'hui qui sont dites « scientifiques ». De fait, l'idée qui domine cet ouvrage de 279 pages est l'étude des controverses, un thème particulièrement ancien en histoire des sciences, et pour s'en convaincre il suffit de lire l'*Histoire des mathématiques* de Montucla dès la première édition de 1758, et cela est accentué dans la seconde édition à partir de 1799. Sans doute parce que l'élément moteur de cette seconde édition fut un astronome, adorant toutes les polémiques, celles qui touchaient la croyance religieuse aussi bien que celles qui traitaient des relations entre savants, ou de leurs goûts musicaux. Ce sont aussi ces relations qui sont un des objectifs du présent livre qui se déploie en sept épisodes, sans doute pour garantir la splendeur d'un spectre newtonien. Mais ils ne donnent pas lieu à sept chapitres, car une autre répartition est faite, pour engendrer une réflexion qui fait sortir de l'anecdotique, ou plutôt de la présentation par cas. Ce jeu un peu kaléidoscopique, mais revenant sur les mêmes choses, est particulièrement plaisant à lire. Le décrire dans ce compte-rendu serait un peu faire perdre le côté *page-turner* de l'ouvrage, et je m'en voudrais. En outre, je me plais à dire la très bonne présentation de l'ouvrage, un glossaire court et une bibliographie raisonnable.

Le style en l'occurrence est un point notable, et l'auteur fait preuve d'alacrité lorsqu'il décrit deux affaires comme celle de la mémoire de l'eau, ou celle de la découverte de Neptune avec les deux protagonistes majeurs, Adams et Le Verrier. Ils ne sont pas seuls dans l'affaire, d'autres emplois presque de comédie jouent un rôle, comme les deux astronomes royaux ou l'inénarrable François Arago, le secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences à Paris. Il y a une analyse de leurs bouderies et vexations, timidités et arrogances. Le même jeu prévaut pour la question de la disparition des dinosaures. Ceci est traité avec un humour particulier, que je pourrais décrire comme une façon suisse, soit une gentille vacherie, loin pourtant de la naïveté. Est typique ce qu'il écrit en conclusion : la matière « noire » et l'énergie « sombre » ont une nature plutôt obscure ! Ou lorsqu'il est indiqué que Stephen Jay Gould « n'est pas stupide » (p. 193), et que vient une jolie critique de l'usage de certaines statistiques où la question est de savoir si ce que l'on mesure est vraiment mesurable.

Je ne peux manquer pourtant de m'interroger sur les sources auxquelles l'auteur s'abreuve, dans la mesure même où il manifeste assez souvent un mépris pour les praticiens de l'histoire des sciences. Pour la question de Neptune, pas un texte de Le Verrier ou de Adams n'est réellement cité, et tout provient de biographies dont la plus ancienne est de 1947. Et dont l'une est une étude sur le syndrome d'Asperger chez Adams. Certes, l'auteur détruit la prétention d'ainsi pouvoir décrire le génie, mais il va cependant s'appuyer sur le fait d'un génie des calculs chez les personnes atteintes d'Asperger, et donc regarder du côté d'Adams dont il est écrit qu'il a réalisé une extraordinaire prouesse, analogue à celle de Le Verrier. Drôle de façon de contredire le diagnostic pathologique de l'un en s'appuyant sur un effet, mais pourquoi pas, et là aussi il y aurait une forme d'humour. Mais ne serait-il pas utile de signaler le genre des calculs faits par nos deux astronomes dans les années 1840 pour trouver Neptune ? Certes notre conteur dit qu'il fallut faire des hypothèses, orbite circulaire de Neptune modifiant l'orbite d'Uranus, et distance de Neptune au Soleil posée en moyenne à deux fois la distance de celle d'Uranus au Soleil. Bon, ceci est mis en grisé,

car paraissant un peu trop technique ! (p. 69). Mais comment poser les équations et réaliser les approximations dans ce problème à plus de deux corps. Je ne crois pas avoir lu le nom de Laplace dans cette affaire, celui qui a mis au point une méthode des perturbations (qui aura des répercussions pour la mécanique quantique et est donc plus qu'une simple astuce de calcul). Laplace avait au temps des Lumières établi une relation périodique ente les mouvements de Saturne et de Jupiter, et l'avait fait par une considération essentiellement mathématique sur un terme dans une équation différentielle dont la nullité s'imposait. Je ne vais pas jusqu'à regretter l'absence d'équations différentielles dans l'ouvrage ici présenté, mais même un élève de lycée peut comprendre, non le détail bien sûr, mais quelques idées sur ces « calculs ». Et cela a été vulgarisé maintes fois, par Andoyer notamment, mais bien d'autres aussi bien. Le Verrier et Adams opèrent-ils vraiment de la même façon ? Écrivent-ils de même ? Se réfèrent-ils à la *Mécanique céleste* de Laplace, ou plutôt directement à Newton ? Nous ne le saurons pas. C'est la rançon de ne pas aller à des sources primaires de temps à autre, alors même que l'on ridiculise, quelquefois avec de bonnes raisons, les historiens des sciences. Et ne serait-il pas utile de dire que ces approximations de la mécanique céleste, si importantes pour Adams et Le Verrier, ont reçu cependant une contradiction majeure depuis Henri Poincaré et ce qui a nom de théorie du chaos. Certes il y a la différence entre le temps long et la croyance au temps de Laplace, pensée démontrée, en la stabilité du système solaire. Ce n'est pas donner de l'eau au moulin du relativisme absolu de le signaler, mais aider à voir comment la science peut progresser, même si l'on montre que certaines hypothèses faites n'étaient pas justifiées.

Si j'aime la façon alerte dont est racontée l'écriture par Newton de ses *Principia*, à partir d'un récit de l'astronome Halley, voire la question de ce qui se serait passé si Halley n'était pas allé bousculer Newton à Cambridge, allant ensuite jusqu'à refuser que Newton coupe dans son texte la troisième partie cosmologique, je n'arrive pas à me contenter de ce récit. Dans la mesure où il est assez calqué sur le genre littéraire du génie (style démon d'un Socrate impassible plusieurs jours de suite sous un arbre sans manger), mais aussi dans la mesure où Halley a écrit une ode latine à Newton s'inscrivant en premier dans les *Principia*, et qui ne reprend pas cette idée d'un travail acharné, presque ascétique, mais joue le genre du génie divin qu'aucun dieu n'influence ! Eh oui, le compte-rendu de la science n'est pas à voie unique. Et le risque si on simplifie trop, genre BD que j'apprécie aussi, est de mettre sur le même pied les récits relativistes que l'auteur du présent ouvrage conspue avec une allégresse réjouissante dans son premier chapitre, lorsqu'il rappelle le fameux faux de Sokal, et le très décapant livre de Bricmont et Sokal.

Je reviens donc sur le titre, et ce solennel « orgueil et préjugés », qui commence par une étrange même si lointaine consonance avec l'arbre de la sagesse dont proviendrait la chute, et s'enroule sur des préjugés, au lieu de passer à des notions que Gaston Bachelard a forgées depuis 1939, avec l'obstacle épistémologique du bon sens, voire l'idée d'une sorte de pensée collective à la façon de Ludwik Fleck. Dans les deux cas, ce sont des penseurs pour lesquels la science n'était pas une « benjamine », selon l'expression que l'auteur emploie en épilogue. Il me semble que l'auteur a tort de penser que ne relèvent pas de la science, aujourd'hui, les différentes formes de pronostic sur l'avenir, et donc aussi l'influence quantifiée de telle ou telle mesure. On ne sépare plus si aisément la science de la société dans

laquelle elle est installée : ne serait-ce que parce que la société paye des scientifiques. Et qu'à ceux-ci on peut reprocher — vaccins obligent — de ne pas avoir trouvé.

Jean Dhombres
Centre national de la recherche scientifique
École des hautes études en sciences sociales

Mitton (Jacqueline) - Mitton (Simon), *Vera Rubin : A Life* / foreword by Jocelyn Bell Burnell. – Cambridge (MA) : Harvard University Press, 2021. – 309 p. – 1 vol. relié. – 29,95 $. – isbn 978-0-6749-1919-8.

Vera Rubin fut une des astronomes les plus remarquables du XXe siècle à laquelle Jacqueline et Simon Mitton ont consacré une biographie exceptionnelle et étoffée. Son titre concis, *Vera Rubin : A Life*, reflète la personne dynamique, affirmée et sans fioritures qu'était cette femme scientifique remarquable.

Rubin a passé la majeure partie de sa carrière au Department of Terrestrial Magnetism (DTM) de la Carnegie Institution de Washington. Œuvrant avec son collègue Kent Ford, elle a observé des centaines de galaxies. Ils ont cartographié les vitesses des étoiles et des nuages de gaz en orbite autour du centre de ces systèmes stellaires géants ; ils ont utilisé l'effet Doppler-Fizeau par lequel des mouvements de recul ou d'approche décalent les lignes spectrales des objets permettant de dériver des vitesses relatives précises.

Innovateurs, Rubin et Ford employèrent la nouvelle technologie d'amplification d'image pour cartographier les vitesses orbitales à des distances du centre des galaxies jamais sondées auparavant. Mené sur plusieurs années, leur programme permit d'assembler des centaines de courbes de rotation de galaxies.

Rubin et Ford firent face à un résultat époustouflant. Dans le système solaire, plus une planète est éloignée du Soleil, plus sa vitesse orbitale est lente ; la même chose était attendue à l'échelle galactique. Au lieu de cela, Rubin et Ford ont démontré que les vitesses restent constantes loin du centre et, dans certains cas, s'accroissent !

L'interprétation dérangeait : il devait y avoir plusieurs fois davantage de masse que ce qu'impliquait la matière lumineuse, conduisant au concept inconfortable de masse manquante ou de matière noire. Rubin et Ford sont restés prudents : quand on lui a dit qu'elle avait découvert la matière noire, Rubin temporisait toujours. Elle mettait l'accent sur la qualité des données, non pas sur l'interprétation. Dans les années 1930, l'astronome suisse Fritz Zwicky avait trouvé un résultat similaire dans les systèmes beaucoup plus grands d'amas de galaxies.

Aujourd'hui, on peut apprécier la prudence de Rubin en ce qui concerne l'interprétation des courbes de rotation plates en termes de matière noire. Elle savait qu'elle n'avait pas « découvert » la matière sombre, car la matière sombre est une hypothèse, au mieux un postulat pour expliquer les observations de systèmes physiques qui montrent des comportements s'écartant de la théorie de la gravitation newtonienne. Si jamais nous nous débarrassons de concepts tels que ceux de matière noire et d'énergie, les courbes de rotation de Rubin et de Ford resteront des monuments de données solides.

La biographie des Mitton décrit également la diversité des premiers travaux de Rubin. Elle a réalisé des projets de thèse presque « suicidaires », par exemple à propos du rôle de la turbulence dans la distribution des galaxies et de la rotation de l'univers. On se demande pourquoi elle a été dirigée nonchalamment sur des chemins aussi risqués dans les années 1950. Le temps de Rubin à l'Université Georgetown, enseignant et faisant de la recherche sous la direction du désorganisé Francis Heyden s. j., a été difficile. Néanmoins, je suis convaincu que ces temps exigeants furent des années très formatrices et ont fait d'elle la femme scientifique combattive qu'elle devait devenir pour franchir les barrières et être respectée.

Le livre présente un juste équilibre entre des évènements personnels ou sociétaux et une vie scientifique très productive. Les Mitton montrent que Rubin a été une démonstration de l'importance du rôle d'appui des parents, du conjoint et des amis. Le mari de Vera, Robert Rubin lui-même un scientifique de premier plan, a été constant et solide dans son soutien.

L'épisode où Vera Rubin demande un emploi au Département du magnétisme terrestre est tout simplement époustouflant ; c'est un portrait « polaroid » d'une personne d'esprit vif et déterminé. Si les préjugés sexistes apparaissent très souvent comme subtils et insidieux dans la carrière de Vera, les anecdotes impliquant Vera et le Cosmos Club de Washington D. C. sont tout simplement flagrantes. Il n'est pas surprenant que Rubin ait été un phare dans la défense des femmes scientifiques et la promotion de leur valeur en tant que chercheuses à part entière.

Jean-René Roy
Université Laval

Philosophie des sciences

Ivanova (Milena), *Duhem and Holism*. – Cambridge : Cambridge University Press, 2021. – 63 p. – (Cambridge Elements : Elements in the Philosophy of Science). – 1 vol. broché de 15 × 23 cm. – isbn 978-1-009-00133-5.

Duhem et Holism de Milena Ivanova se présente comme une analyse de la pensée de Duhem développant le problème de l'holisme. Une qualité de l'ouvrage est donc de présenter les authentiques conceptions de Duhem sur l'holisme, en faisant abstraction des constructions artificielles associées à tort à son nom. Ivanova commence ainsi par exposer d'emblée la conception proprement duhemienne de l'holisme : lorsque nous testons une hypothèse associée à une théorie, nous présupposons différentes hypothèses auxiliaires pour parvenir à un résultat, de telle sorte qu'en cas d'échec nous n'avons aucun moyen de déterminer par la seule logique si l'erreur doit être imputée à l'hypothèse testée ou à l'une des hypothèses auxiliaires.

Le livre est composé de cinq sections. La première et la cinquième constituant respectivement une introduction et une conclusion, l'essentiel du propos se situe dans les sections deux, trois et quatre. Les sections deux et trois relèvent de l'analyse de la pensée de Duhem, alors que la section quatre explore différentes solutions au problème de l'holisme.

La section deux (pp. 4-16) se veut un exposé en quatre sous-sections des principales thèses de Duhem en philosophie des sciences, dont celle de l'holisme. L'autrice rappelle tout d'abord (pp. 4-6) la thèse duhemienne selon laquelle une théorie scientifique ne nous expose aucune vérité concernant des entités inobservables (gravité, énergie, etc.), mais constitue seulement un système logiquement unifié de toutes les corrélations expérimentales connues. Elle souligne ensuite (pp. 6-11) que si Duhem lui-même admet que l'on peut avoir parfois des raisons de croire que ce système s'approche d'une classification naturelle, cette dernière reste bien selon lui un idéal inaccessible. Après ces deux premières étapes, elle expose (pp. 12-13) la thèse duhemienne selon laquelle l'expérimentation scientifique implique d'interpréter les observations en présupposant des hypothèses, ce qui mène directement (pp. 14-16) à l'holisme.

La section trois (pp. 16-33) est un examen critique, en trois sous-sections, de la manière dont Duhem prétend résoudre les difficultés soulevées par l'holisme. L'examen commence (pp. 16-20) par présenter le problème de la sous-détermination empirique des théories qui découle de l'holisme : lors d'une expérience récalcitrante, il existe plusieurs interprétations théoriques qui, relativement à nos données empiriques, sont toutes également valables d'un point de vue logique, de telle sorte qu'il est impossible de justifier de façon purement rationnelle notre choix parmi ces interprétations. L'autrice prend soin ici de distinguer plusieurs interprétations de ce problème, et de se concentrer sur une interprétation conforme à la conception duhemienne de l'holisme. Les deux sous-sections suivantes sont consacrées aux critères sur lesquels le scientifique peut appuyer ses choix théoriques selon Duhem. On signale tout d'abord (pp. 20-23) quelques pistes évoquées par Duhem comme la beauté ou la simplicité des théories, qui semblent ambigües ou insuffisantes. On développe ensuite (pp. 23-33) le « bon sens » qui semble bien être pour Duhem la faculté par laquelle le scientifique peut faire le « bon » choix théorique. L'autrice propose ici une analyse poussée, et ouvre plusieurs pistes. Le « bon sens » n'est-il finalement qu'une justification rétroactive ? Ou bien Duhem renvoie-t-il à une authentique forme de rationalité non-formalisable, à une forme de jugement universalisable tout en étant irréductible à un algorithme ?

La section quatre (pp. 33-49) abandonne l'analyse de Duhem, pour nous présenter, dans quatre sous-sections, différentes solutions.

Tout d'abord (pp. 33-37) la solution de Dorling propose de s'appuyer sur les probabilités bayésiennes pour identifier les hypothèses auxquelles imputer une expérience récalcitrante. Cette approche rencontre toutefois des difficultés. Elle présuppose notamment que l'on puisse déterminer les probabilités initiales (c'est-à-dire avant l'expérience) des hypothèses, ce qui est loin d'être évident. Il semble qu'Ivanova juge cette approche infructueuse.

Ensuite, Darden (pp. 37-40) propose une méthode consistant à expliciter toutes les hypothèses auxiliaires du test, d'identifier les hypothèses qui sont des sources potentielles d'erreurs, et de procéder à de nouveaux tests en remplaçant ces dernières par des hypothèses auxiliaires alternatives. Ivanova insiste notamment sur les différentes stratégies proposées par Darden pour construire ces hypothèses alternatives. Elle souligne également une difficulté négligée dans la phase d'explicitation des hypothèses auxiliaires, car il n'est pas aisé d'identifier toutes les hypothèses implicitement présupposées, ou même de déterminer ce qu'on entend exactement par cette dernière expression.

Après cela, on examine (pp. 40-45) la solution de Mayo, qui repose sur l'idée que certaines hypothèses ont survécu à des tests sévères, et doivent donc être davantage protégées. Il faudrait donc identifier les hypothèses n'ayant pas subi de tests sévères, et leur faire passer des tests sévères afin de déterminer lesquelles mettre en cause. Ivanova souligne que cette solution ne peut toutefois pas fonctionner dans toutes les situations.

Enfin (pp. 45-49), Weber suggère qu'une hypothèse doit être protégée si elle permet une meilleure explication des données expérimentales, c'est-à-dire une explication impliquant moins d'hypothèses, ou étant plus simple. On peut se demander toutefois si cette solution ne consiste pas à déplacer le problème de l'holisme vers celui de la définition de la simplicité, et ne nous ramène pas en fait à des suggestions de Duhem.

Les analyses de la pensée de Duhem, notamment celles sur la notion de « bon sens », sont solides, claires, et appuyées sur des passages pertinents, même si le phénomène de traduction théorique des faits (pp. 12-13) aurait pu donner lieu à davantage d'explications. Les solutions proposées au problème de l'holisme sont instructives, mais il nous semble qu'elles sont au fond plutôt des descriptions des différentes manières dont les scientifiques peuvent gérer le problème de l'holisme, que des principes permettant de résoudre ce problème. Soulignons que cette dernière critique n'échappe nullement à l'autrice. Enfin, Ivanova souligne à juste titre que ces différentes solutions confortent l'idée essentielle qui est contenue dans l'holisme de Duhem : les choix théoriques ne peuvent pas être déterminés par la seule logique.

Youri Cabot
Université Paris I Panthéon-Sorbonne

Sigmund (Karl), *Pensée exacte au bord du précipice : une histoire du Cercle de Vienne*. – Genève : Éditions Markus Haller, 2021. – 495 p. – 1 vol. broché de 14 × 22,5 cm. – 28,00 €. – isbn 978-2-940427-45-1.

Ce livre se lit comme un roman d'aventures. Et pourtant la trame du récit ne semble point s'accommoder d'un tel genre littéraire. À peine engagée la lecture, tout un chacun entre de plain-pied dans le vif du Sujet — la science, la philosophie et leurs rapports mouvementés, voire passionnels — et, très tôt, s'aperçoit que tout est une question de langage, car le langage est mis en question à chaque page. Ou presque. En effet, il s'agit de l'histoire du Cercle de Vienne. Aujourd'hui, même le novice qui franchit le seuil de cette œuvre singulière connaît par ouï-dire la plupart des personnages — sinon les idées — qui la traversent[1]. Deux guerres mondiales assombrissent la palette du peintre ingénieux qui entreprend cette fresque dont maint reflet affleure dans nombre de textes philosophiques contemporains[2]. La table des matières déçoit, en souriant, le lecteur avide d'en savoir plus tout de suite. À vrai dire celle-ci semble une déclinaison du mot « Cercle ». Qu'on en juge sur pièces. Voici les titres des chapitres : 1. « Le Cercle de Vienne en clair et en bref » ; 2.

1. Il convient de saluer la traduction de Delphine Chapuis-Schmitz. L'auteur lui-même dit : « Elle a su rendre au texte une allure à laquelle, dans l'original allemand, je ne pouvais qu'aspirer » (p. 442).
2. Cette remarque s'adresse, en particulier, à la philosophie écrite en langue anglaise.

« Les jumeaux querelleurs » ; 3. « Le tour d'essai du Cercle de Vienne » ; 4. « Le Cercle commence à tourner » ; 5. « Le tournant du Cercle » ; 6. « Le Cercle se fait un nom » ; 7. « Le pourtour du Cercle » ; 8. « Le cercle parallèle » ; 9. « Le Cercle chauffe » ; 10. « ...vient ensuite la morale » ; 11. « La fin du Cercle » ; 12. « Points de fuite » ; 13. « Résonances »[1]. Bref, il semble bien que Karl Sigmund, avec élégance, suggère doucement à l'oreille : « lisez le livre ! ». Donc acte. Et partant, ci-après, je resterai en retrait, à quelque de distance du centre du Cercle, là où des jeux d'ombre et de lumière composent une vue d'ensemble, tout en surface, et qui laisse deviner la face cachée des choses.

« L'histoire devrait se dérouler en continu comme un film... » (p. 441)[2]. Sigmund, en peu de mots, en décrit le sujet : « Au tout début de notre histoire, on assiste à un débat qui, à l'aube du vingtième siècle, fit l'objet d'une grande attention : dans la Salle de réunion de l'Académie des sciences de Vienne, Mach et Boltzmann s'affrontèrent autour de l'existence des atomes. L'histoire prend fin peu après la Deuxième Guerre mondiale, avec l'âpre querelle qui, lors d'une discussion au coin du feu à Cambridge, opposa Popper et Wittgenstein sur la question de savoir s'il existait vraiment des problèmes philosophiques » (p. 17). Une remarque s'impose : les questions concernent moins les atomes et les problèmes, devenus pseudoproblèmes, que le sens du verbe « exister ». Mach disait : « Les sensations sont les éléments communs à toutes les expériences vécues possibles, physiques comme psychiques. Une série de pseudoproblèmes dérangeants se voit ainsi supprimée... Élimination des pseudoproblèmes. Renoncer au non-sens n'est pas une résignation » (p. 55).

Mais s'il n'y a rien derrière les perceptions ? « Cela signifie-t-il qu'un paysage sur Mars n'existerait vraiment pas si aucun être n'était en mesure de le percevoir ? » (p. 51)[3]. Sentir, connaître, savoir sont des mots dont la portée se perd comme une mélodie lointaine. Alors le vertige commence. Robert Musil, l'auteur de *L'homme sans qualités*, constate : « Nul homme, aujourd'hui, ne côtoie le fantastique de plus près que le mathématicien » (p. 84). Et un penseur qui perd le contrôle de ses pensées « flirte avec la folie » (p. 52). Déjà, au XVIIIe siècle, Georg Lichtenberg avait mis « le moi » en question : « Il vaudrait mieux dire "ça pense" plutôt que "je pense" » (p. 40). Mais pourquoi Vienne constituait-elle un sol fertile pour l'étude des crises de vertige ? « Il n'est tout de même pas possible que les valses y soient pour quelque chose — ou peut-être que si ? » (p. 31).

À ce propos il convient de signaler quelques coïncidences, choisies quelque peu au hasard : un jeune psychiatre Otto Pötzl diagnostique la neurasthénie de Musil, visite en prison Friedrich Adler, ami d'Einstein, assassin du Premier ministre de l'empire et prend soin de Kurt Gödel qui, quelques années plus tard, se laisse mourir de faim par peur d'être empoisonné (p. 111, 106, 356 et p. 435). Ludwig Wittgenstein fréquente le lycée de Linz où, dans une autre classe, un élève, qui a le même âge, à quelques jours près, se débrouille tant bien que mal et qui répond au nom d'Adolf Hitler (p. 140). Le livre foisonne de ce genre de « correspondances ». Ainsi le fond du tableau prend du relief. Les photographies, les illustrations, les reproductions des manuscrits, des notes prises lors d'une conférence et les

1. La majuscule tombe dans le cas du cercle du chapitre 8...
2. L'auteur est cinéphile et l'absence de Ernst Lubitsch (1892-1947) m'étonne parmi les metteurs en scène qui brillent dans le texte.
3. L'exemple est fort daté...

faits divers qui font la une des journaux occupent une place de choix dans la composition du livre. Très souvent le commentaire qui leur fait compagnie établit un dialogue avec le corpus du texte : Richard Von Mises constitua une association dont le but était de soutenir Robert Musil et, page 228, on l'apprécie au gouvernail d'un petit avion avec la légende « Von Mises prêt au décollage : un homme avec qualité ». « Schlick cherche en vain le repos » lit-on sous une photo du philosophe, assis, très calme, sur la plage. Or, le texte, à cet endroit, considère une polémique Carnap-Wittgenstein dont il fut, bien malgré lui, l'intermédiaire (p. 297). On est à la limite de la bande dessinée. Le lecteur est, *ad litteram*, charmé. Le trait marquant de cet ouvrage est l'art des nuances, de la retenue, des demi-mesures, et ce pour trouver ou retrouver un chemin parmi les ruines, la folie et la mort. L'humour dont l'œuvre fait montre est la clé de la lucidité de l'auteur, car en toutes circonstances il reprend le fil de la pensée dont chacun des acteurs de ce drame hérite pour le meilleur et pour le pire[1]. Qu'il me soit permis de proposer une perspective, issue de cette lecture, mais un peu cavalière. Je pense que le cœur même du Cercle de Vienne se cache dans le langage conçu comme « un être en soi » dont la nature est poétique. À des titres divers, tous — philosophes, mathématiciens, artistes, économistes, sociologues — sont amoureux des mots. Il est possible de penser que les travaux de Gödel sont un palais des merveilles où une Alice pensive traverse, comme un miroir, la structure des mathématiques pour en dévoiler les contours. Et peut-être l'ultime sentence du *Tractatus* de Wittgenstein — « Ce dont on ne peut parler, il faut le taire »[2] — n'a point la portée que la tradition lui assigne. Je crois, par contre, que Moritz Schlick — assassiné en 1936 par l'un de ses étudiants dans le bâtiment principal de l'université — ouvre, à deux battants, la porte d'un *Mundus fabulosus* : « L'être humain ne fait que jouer là où il est humain dans la pleine signification du terme, et il n'est humain que là où il joue. Seul le jeu fait éclore le sens de l'existence » (pp. 327-328). En dernier lieu un seul impératif catégorique tient debout : Jouez !

Godofredo Iommi Amunátegui
Pontificia universidad católica de Valpara

Carnap (Rudolph), *Les fondements philosophiques de la physique : une introduction à la philosophie des sciences* / traduit par Jean-Mathieu Luccioni et Antonia Soulez ; avant-propos d'Antonia Soulez. – Paris : Librairie philosophique J. Vrin, 2020. – 333 p. – (Mathesis). – 1 vol. broché de 13,5 × 21 cm. – 34,00 €. – isbn 978-2-7116-2876-6.

L'ouvrage *The Philosophical Foundations of Physics : An Introduction to the Philosophy of Science* de Rudolf Carnap a été traduit pour la première fois en français en 1973, aux éditions Armand Colin. Publié à l'origine en anglais en 1966, il est construit à partir d'un séminaire que Carnap avait tenu à Chicago entre 1946 et 1952. C'est Martin Gardner qui

1. Il lui arrive, parfois, d'aller un peu vite en besogne. Ainsi, page 426, la phrase « le slogan "du Cercle de Vienne à Harvard Square" pourrait résumer l'histoire de la philosophie des sciences du vingtième siècle » est fort étriquée et ne tient guère compte des œuvres écrites en français, en italien, *et caetera*. Le titre d'un film de Luis Buñuel était *Los olvidados* et ces oubliés sont légion. Qu'en dites-vous ombres de Duhem, de Koyré, de Vailati et de tant d'autres encore ?
2. Wittgenstein, L. (1961). *Tractatus logico-philosophicus* (traduit de l'allemand par P. Klossowski). Paris : Gallimard. Ici, p. 177.

s'était occupé de la transcription et de la mise en forme finale du texte à partir d'enregistrements réalisés à l'automne 1958, quand Carnap avait été invité à donner son séminaire à l'Université de Californie. Peu de temps avant sa mort, Carnap y apportera quelques modifications qui seront incluses dans la réédition anglaise de 1974. Cette nouvelle édition, publiée par Vrin, reprend la traduction de 1973 en y incluant les révisions de 1974, restées inédites jusqu'ici en français.

Le séminaire de Chicago était destiné à un public universitaire non spécialiste des questions philosophiques en sciences et en physique. Le qualificatif d'introduction se justifie donc parfaitement. Plutôt que de partir d'une série de problématiques générales pour en démontrer ensuite la pertinence philosophique, l'auteur choisit au contraire de s'attarder sur quelques concepts élémentaires, souvent introduits au moyen d'exemples de la vie de tous les jours. Chaque chapitre commence par l'éclaircissement de quelques définitions de base — on connaît l'importance, dans le travail de Carnap, de l'utilisation rigoureuse du langage scientifique et logique[1] —, ce qui confère à l'ouvrage un caractère très progressif qui manque parfois aux « introductions », quel qu'en soit le domaine. Ici, le caractère philosophique des questions abordées n'est jamais supposé : il apparaît au fil de la discussion à mesure que des difficultés conceptuelles sont rencontrées. Le lecteur est donc en permanence invité à suivre un raisonnement, à progresser jusqu'à sentir que rien n'est aussi simple qu'il y paraissait à première vue.

Le livre se divise en six parties qui se concentrent à chaque fois sur quelques de notions de base.

La première est consacrée aux lois et aux probabilités. Carnap commence par y définir une loi scientifique comme l'expression de l'observation d'une régularité. Il développe ensuite les conséquences qu'une telle définition implique au niveau du rôle des énoncés d'observations en sciences. La structure logique des lois est analysée dans le détail, et les conditions pour qu'elles constituent un outil prédictif et explicatif sont explicitées. Finalement, c'est le problème de l'induction et de l'utilisation des probabilités qui est décortiqué. Carnap présente sa conception reposant sur la distinction entre probabilité statistique et probabilité logique : elle s'avèrera cruciale dans les parties IV et VI qui abordent le déterminisme, la causalité et la mécanique quantique. Cette partie se termine par une description de la méthode expérimentale à partir d'un exemple historique : la découverte de la loi des gaz parfaits.

La deuxième partie s'attarde sur le langage scientifique proprement dit. Trois types de concepts sont décrits : classificatoires, comparatifs et quantitatifs. À chacun de ces types de concepts sont associées une méthodologie et une capacité explicative particulière. La procédure de mesure et d'assignation d'une valeur numérique est décrite dans le détail, puis Carnap s'attarde sur la mesure de deux grandeurs fondamentales en physique : les longueurs et le temps.

La partie III traite justement de la géométrie de l'espace-temps et de l'introduction dans la théorie einsteinienne de géométries non euclidiennes. Elle se structure autour de

1. Carnap met en garde contre ce qu'il appelle « la conception magique du langage » à la fin de la partie II.

deux oppositions fameuses de l'histoire de la philosophie et de la physique. Dans un premier temps, les points de vue de Poincaré et d'Einstein sont mis en parallèle : si ce dernier assigne à l'espace-temps une géométrie riemannienne, le premier rappelle qu'il sera toujours possible de sauvegarder un espace euclidien pour peu qu'on accepte une forme plus complexe des lois physiques. C'est la question de la simplicité qui est ici à l'œuvre, le physicien faisant face à un dilemme : accepter une géométrie qui n'est pas intuitive, mais dans laquelle les lois physiques prennent une forme simple, ou préserver une géométrie que l'on peut aisément se représenter mentalement au prix de la simplicité des lois. La seconde opposition est celle entre géométrie physique et géométrie mathématique : Carnap résout l'énigme kantienne de l'a priori synthétique en faisant remarquer qu'elle repose sur le mélange de deux notions différentes. D'un côté, la géométrie mathématique est analytique, axiomatisée et les termes comme « point », « droite » ou « plan » ne désignent que des classes d'objets abstraits qui ne trouvent aucune contrepartie dans le monde physique. Elle ne repose que sur les relations logiques entre des concepts ; elle ne saurait rien nous apprendre sur le monde physique. D'un autre côté, la géométrie physique cherche à décrire directement l'espace-temps que l'on observe, mais elle n'est donc pas a priori.

La partie IV est dédiée à la causalité et au déterminisme. Carnap commence par une critique de la conception de la causalité héritée de Hume et de Mill, puis examine le rôle d'une telle notion dans les lois physiques. Ces dernières expriment-elles une nécessité métaphysique ? Ne sont-elles que des comptes rendus d'observations de régularités dans la nature ? Là encore, c'est par une analyse logique du langage que Carnap entend éclaircir ces problèmes. C'est ensuite au tour du libre arbitre de faire l'objet d'une analyse logique et langagière. Dans la manière dont le concept de libre arbitre est généralement utilisé, il n'y a rien, selon Carnap, qui entre en contradiction avec l'idée de lois déterministes, même si l'on entend ce terme dans son sens le plus fort.

La cinquième partie s'intéresse tout d'abord à la distinction entre observable et non-observable. Les concepts scientifiques sont souvent rangés dans l'une de ces deux catégories, même s'il est bien connu qu'il est impossible de les distinguer par une frontière claire. Carnap présente ensuite sa conception des théories scientifiques comme langages comprenant une partie théorique et une partie observable, ainsi qu'une série de règles de correspondance dont le rôle est de traduire les énoncés théoriques en énoncés empiriques, c'est-à-dire de mettre en lien des concepts théoriques (par ex. la température, reliée dans la théorie à l'énergie cinétique moyenne des molécules d'un gaz) à un énoncé d'observation (par ex. l'élévation du mercure dans la colonne d'un thermomètre). L'auteur discute ensuite des travaux de Frank Ramsey et de sa tentative d'établir un langage formel permettant d'exprimer les théories scientifiques. La formulation de Ramsey (*Ramsey Sentence*) est un sujet qui reste aujourd'hui beaucoup discuté en épistémologie, aussi est-il intéressant de le voir exposé pour l'une des premières fois (Carnap indique d'ailleurs que les travaux de Ramsey étaient en grande partie passés inaperçus et qu'ils étaient loin d'avoir reçu toute l'attention qu'ils méritaient).

La sixième et dernière partie est consacrée aux lois statistiques et à l'indéterminisme en mécanique quantique. Carnap y discute le principe d'incertitude, l'émergence d'un indéterminisme fondamental en physique et de la possible nécessité d'avoir recours à un langage basé sur une logique non classique pour décrire les systèmes quantiques.

Bien entendu, on pourrait objecter que beaucoup de ces sujets ont été longuement développés par de nombreux philosophes depuis Carnap et qu'une introduction plus actuelle couvrirait mieux le terrain contemporain, par exemple en ce qui concerne la mécanique quantique qui est l'un des sujets incontournables de la philosophie de la physique ayant beaucoup évolué depuis les années soixante, particulièrement après la découverte du théorème de Bell.

Pourtant, ce texte fondateur de la philosophie des sciences garde aujourd'hui toute sa pertinence, au-delà de son intérêt historique évident. Modèle de rigueur et de clarté, exemplaire dans sa construction et dans son attachement à fonder son analyse sur des concepts précisément définis, c'est une introduction tant à la philosophie de la physique qu'à la pensée — et à la méthode — de Carnap.

Antoine Brandelet
Université de Mons

Sciences et religions

Blay (Michel) – Euvé (François), *Dialogue sur l'histoire, la religion et les sciences*. – Paris : CNRS éditions, 2019. – 86 p. – 1 vol. broché de 14 × 20,5 cm. – 15,00 €. – isbn 978-2-271-12948-2.

Écrit à quatre mains, ce petit livre croise les regards d'un physicien, historien des sciences, ancien directeur au CNRS et d'un jésuite, agrégé de physique et docteur en théologie. Après un panorama bref, mais suggestif, de l'histoire des sciences depuis l'Antiquité, l'échange s'organise autour d'une réflexion de fond : qu'entend-on par « science » ? D'où vient la singulière importance de la pensée scientifique européenne ? Et où conduisent ses progrès ? Les auteurs ne manquent pas de rappeler l'origine biblique (la Création) et chrétienne (la Trinité, l'Incarnation) de la science moderne : l'héliocentrisme procède d'une conception antique de la beauté et chrétienne de l'union des contraires. Ils s'interrogent également sur la perte de conscience des causes finales : l'être humain n'est-il pas la seule créature capable de s'interroger sur sa finalité ? Ne voit-on pas comment la technique construit notre avenir sans nous ? D'une lecture facile, écrit avec élégance, ce court essai est un sommaire intelligent des principales questions que la « science » pose à la conscience.

Jean-Robert Armogathe
Membre de l'Institut

Sciences et société

Coeckelbergh (Mark), *AI Ethics*. – Cambridge (USA) : MIT Press, 2020. – 248 p. – (The Mit Press Essential Knowledge Series). – 1 vol. broché de 12,5 × 18 cm. – 15,95 $ US. – isbn 978-0-262-53819-0.

Ce livre constitue une excellente introduction à l'éthique de l'intelligence artificielle (IA) aussi bien pour ceux qui viennent des humanités que pour ceux qui sont davantage concernés par la technologie.

L'ouvrage couvre des cas limites, tels que la possibilité d'une *superintelligence* (des machines qui deviendraient plus intelligentes que les humains) et le statut moral des machines : la *moral agency* (doit-on attribuer un caractère moral aux actions d'une IA ?) et la *moral patiency* (comment doit-on traiter les machines ?). Mais il se propose surtout de montrer comment l'IA se fait déjà sentir dans de nombreux domaines de la société : les systèmes de recommandation dans les moteurs de recherche, les plateformes de médias sociaux, et même leur présence dans les voitures et les armes autonomes. Un des mérites du livre est de bien distinguer entre des problèmes propres à l'IA et ceux qui sont communs à d'autres technologies d'automatisation. En même temps, il indique que, même dans les cas de défis communs, l'IA peut aggraver des problèmes déjà existants.

L'ouvrage souligne judicieusement le fait que les questions sur l'IA font que, comme dans un miroir, on finisse par poser des questions sur l'humain : on dit que la machine simule une intelligence, mais précisément qu'est-ce que l'intelligence humaine ? Des questions analogues se posent par rapport à des concepts tels que la responsabilisation morale.

Le livre contient quatre chapitres dédiés à des fondements philosophiques ; deux chapitres de présentation de la technologie (l'IA en général et l'apprentissage automatique en particulier) ; trois chapitres consacrés à des questions éthiques qui se posent déjà avec l'IA d'aujourd'hui (confidentialité, responsabilisation et « explicabilité », biais) ; deux chapitres sur l'élaboration de politiques publiques ; et enfin un chapitre sur la question de la priorité qui est celle de l'éthique de l'IA dans le monde aujourd'hui.

Au sein du panorama que dresse l'auteur de ce domaine, certains aspects de l'ouvrage peuvent être mis en avant comme relevant d'un intérêt philosophique particulier.

Ainsi en est-il de son traitement des courants contemporains relatifs à la question du rapport homme-machine : faut-il « améliorer » l'humain (« transhumanisme ») ? Devrait-on réviser la position centrale de l'humain du point de vue ontologique (« post-humanisme ») ? L'humain garde-t-il des caractères qui lui sont intrinsèques et irremplaçables (« humanisme ») ? La discussion est bien menée. Toutefois, bien que des auteurs intéressants soient présentés pour les deux premiers courants, peu est dit quant au « nouveau type d'humanisme » (p. 46) qui pourrait être considéré comme nécessaire.

Le transhumanisme est rapporté au gnosticisme et au platonisme, ce dernier étant, dans ce cas, conçu comme la façon qu'a une machine d'extraire la forme (le modèle) du monde des apparences (les données). Étant critique à l'égard du transhumanisme ainsi considéré, l'auteur propose plutôt d'avancer dans les discussions sur l'IA en considérant des « religions de la nature » orientales, telles que le Shintoïsme. Bien qu'il y voie un chemin possible — la manière « animiste » de considérer la technologie au Japon, par exemple, permettrait d'endosser une attitude plus « amicale » face aux robots et à l'IA —, il n'est pas évident que cela ne nous amènerait pas à d'autres problèmes, par exemple une simple superstition vis-à-vis des machines.

Quoique l'« humanisme » ne soit pas développé, l'auteur réclame une sagesse *humaine* à la fin du livre et propose la « philosophie ancienne » comme source de réflexion pour la constitution d'une bonne vie, reprenant la caractérisation aristotélicienne des agents moraux. On remarque également une bonne appropriation de H. Arendt pour penser des formes de totalitarisme technologique (par le manque de confidentialité des données) et une possible « banalisation » du mal (p. 180) dans les risques technologiques.

On trouve dans l'ouvrage une insistance de l'auteur sur une éthique prenant en compte nos expériences « incarnées, relationnelles et situationnelles » (p. 201). Une attention à la catégorie de personnes vulnérables est aussi intéressante dans la mesure où il y est question d'inégalité sociale et d'asymétrie de pouvoir. Une vision critique est consacrée aux approches qui analysent la morale selon des règles, ce qui amènerait à une « caricature » de l'éthique.

On reconnaît que l'éthique est présente dans la pratique de l'IA, par exemple dans la question de l'« explicabilité », fondamentale pour la responsabilisation morale : peut-on comprendre comment un algorithme est arrivé à une « décision » particulière ? L'auteur remarque aussi que, quoique l'humain puisse sembler absent des activités de l'IA, il s'y trouve : dans ceux qui font la programmation et dans ceux qui utilisent l'algorithme. Le traitement de l'ouvrage au sujet des biais est bien mené jusqu'à toucher des questions philosophiques : « les développeurs devraient-ils intégrer une discrimination positive dans leurs algorithmes ou créer des algorithmes 'aveugles' ? » (p. 136). On trouve aussi une très intéressante discussion sur le futur du travail, compris non seulement comme source d'un revenu, mais également comme constitutif d'un *sens*, ce qui devrait être pris en compte dans la discussion visant à déterminer quelles activités il convient de déléguer, ou non, à l'IA.

Quant à l'élaboration de politiques publiques et aux défis posés par celles-ci, l'auteur apporte une importante dose de réalisme aux questions jusqu'ici traitées. Il indique la nécessité d'une éthique non seulement négative de restriction, mais également positive, qui discute qu'est-ce qu'une bonne vie et qu'est-ce qu'une bonne société. Cette problématisation de la question du bien pourrait, selon l'auteur, utilement se nourrir d'autres regards que celui du philosophe platonicien : il pense notamment à une participation plus démocratique dans le développement technologique, ainsi qu'à une inspiration par des cultures non occidentales (p. 177). En même temps, ceux qui s'inquiètent du rôle que peut jouer l'IA dans la politique contemporaine elle-même (notamment en posant des défis à la démocratie) peuvent trouver que l'ouvrage pèche par un manque de traitement de la question.

Le dernier chapitre est dédié à une vision plus ample : quelles sont les priorités éthiques pour le monde d'aujourd'hui ? Pourquoi se préoccuper de l'IA dans un monde de famines, d'épidémies et de problèmes environnementaux aussi urgents que le réchauffement climatique ? Tout au long du livre, l'auteur nous rappelle que séparer *software* et *hardware* n'est pas si simple : tout ce qui est virtuel dépend d'une infrastructure matérielle. C'est pourquoi centrer la discussion sur des voyages dans l'espace pourrait être considéré comme une sorte d'« escapisme », reprenant ainsi la réflexion d'Arendt sur la condition humaine.

De manière générale, l'ouvrage apporte une perspective ample et bien informée qui, assurément, ne permet pas de résoudre tous les problèmes, mais qui a le mérite de chercher à donner un vrai sens à l'éthique de l'IA et à confier aux politiques publiques une réelle possibilité d'implémentation.

João Cortese
Universidade de São Paulo (Brésil) & Laboratoire SPHERE &
Núcleo de bioética - Fundação José Luiz Egydio Setúbal

Quelles sciences pour le monde à venir ? Face au dérèglement climatique et à la destruction de la biodiversité / Nicolas Hulot présente ; sous la direction de Alain Grandjean et de Thierry Libaert. – Paris : Éditions Odile Jacob, 2020. – 272 p. – 1 vol. broché de 14,5 × 22 cm. – 22,90 €. – isbn 978-2-7381-5351-7.

Le sous-titre de l'ouvrage publié dans le cadre des activités du Conseil scientifique de la Fondation Nicolas Hulot *Face au dérèglement climatique et à la destruction de la biodiversité* précise le sens des pages proposées au lecteur. Le propos est une plaidoirie dans le cadre des débats publics concernant l'avenir de la vie sur la planète Terre. Les auteurs (A. G et Th. L.) entendent donner à leur lecteur des éléments d'analyse non seulement de la réalité du phénomène dit « réchauffement climatique », mais également du débat dans ses divers aspects. Dans le contexte de ce que les auteurs appellent « hystérisation des débats » (p. 120), le propos se veut le plus rigoureux possible dans une démarche riche d'éléments qui relèvent traditionnellement de la philosophie des sciences, de l'épistémologie et de la sociologie.

L'ouvrage peut se lire comme un plaidoyer conduisant aux dernières pages de l'ouvrage : « Cinq propositions pour réussir la transition écologique » (pp. 241-250). Ces propositions sont formulées sur le mode de l'impératif avec des verbes d'action : *accroître* le rôle de la recherche, *améliorer* la qualité du travail scientifique, *renforcer* l'intégrité scientifique, *modifier* la gouvernance scientifique, et enfin *accroître* l'éducation et la formation. Les verbes employés montrent que le propos de l'ouvrage est de faire face à la situation de la population humaine. D'abord, par l'introduction d'une visée globale de la situation et de ses causes et, ensuite, par une pratique de la science selon des exigences éthiques. Ces propos sont liés à un souci pragmatique : répondre aux défis relatifs à la « transition écologique ». Ils sont présentés explicitement comme une tâche relevant des valeurs éthiques de responsabilité, ce qui suppose des connaissances théoriques et pratiques, mais aussi des valeurs éthiques.

Dans le cours de l'exposé des faits, les éléments éthiques sont omniprésents. En effet, les polémiques sur le réchauffement climatique montrent comment des groupes industriels et financiers ont faussé les enquêtes, falsifié les résultats, biaisé les rapports ou corrompu les experts… Cette critique souligne les exigences d'une action dont le maître-mot est « responsabilité ». Un autre terme est celui de « reconnaissance », par exemple en invitant les agronomes à prendre conscience que le travail des agriculteurs ne se limite pas à la conduite d'une culture ou d'un cheptel, mais veille aussi à mettre en valeur des écosystèmes complexes (p. 172).

Plus radicalement, l'ouvrage présente une analyse de la science moderne qui dépasse les mises en pratique qui en sont issues et qui sont mises en procès par les courants écologiques. Le terme de science est employé en référence à la situation des pays industrialisés ou développés. Il désigne non seulement les lieux d'enseignement (écoles et universités), mais aussi les centres de recherche et développement des entreprises multinationales. Tous ces centres sont organisés selon des critères mis au service d'une meilleure connaissance de la réalité. Il ne s'agit pas seulement de savoir théorique, mais des applications — les deux instances étant corrélatives : le premier est matriciel et la seconde est soucieuse non seulement de productivité (ce qui est le but premier), mais aussi de validation de ce que prévoit la théorie. C'est ce point qui est au cœur du débat. L'écologie comme science se présente comme une invalidation de la valeur de la théorie. L'étude sur les perturbateurs endocriniens est exemplaire sur ce point (p. 169 *sqq*.) et de même les analyses de la crise due à la pandémie de la Covid. Les mêmes situations se retrouvent dans tous les dossiers abordés : OGM, pesticide, dérèglement climatique, etc. La critique de la science est interne. Elle porte sur sa nature. C'est dans cet espace que s'insinuent les malversations dont les fondements sont le goût du pouvoir, les profits, les choix politiques… Ce que la morale traditionnelle dénonce depuis toujours. Ces exigences sont ici articulées à la mise en œuvre des qualités de la science.

La science dont il est ici fait l'éloge se doit d'être consciente non seulement des limites dues à une spécialisation, mais aussi à une illusion de toute-puissance au nom de la vérité. Tel est le point décisif de la revendication écologique : la science ne doit pas s'enfermer dans ses seules méthodes ; elle se doit d'assumer l'expérience humaine plus largement — comme le montre l'éloge de la pratique traditionnelle des « paysans ». Ce sont là des propos bien connus. Ce qui mérite attention, c'est un point de l'argumentation : la place accordée à la science. Celle-ci est au croisement de quatre réalités : 1°) le savoir bien ordonné grâce aux mathématiques (statistiques comprises) ; 2°) un savoir efficace par les applications industrielles ; 3°) une philosophie de la nature et en particulier ce qui caractérise le vivant ; et enfin 4°) un rapport à la religion au sens large de sacralisation et de moralisation. Si ces éléments ne sont pas élucidés, ils habitent le plaidoyer écologique à l'école de Nicolas Hulot. Cette orientation est source des limites de l'analyse de la science qui reste dans le cadre opératoire et n'est jamais considérée dans sa dimension noétique fondatrice de culture et ouverte sur la contemplation.

Jean-Michel Maldamé
Académie pontificale des sciences &
Académie internationale des sciences religieuses

Dunn (Michael) – Hope (Tony), *Medical Ethics : A Very Short Introduction*. – New-York : Oxford University Press, 2018. – xix + 148 p. – 1 vol. broché de 11 × 17,5 cm. – 11,95 $ US. – isbn 978-0-19-881560-0.

La deuxième édition du livre *Medical Ethics : A Very Short Introduction*, maintenant écrite par deux auteurs, Michael Dunn et Tony Hope (le dernier étant l'auteur de la première édition), présente des changements substantiels par rapport à la première édition du livre : son contenu a été considérablement révisé et modifié.

D'un point de vue général, le livre répond à l'objectif de la collection éditée par Oxford University Press : il présente clairement un domaine de la connaissance — l'éthique médicale — aux lecteurs qui souhaitent s'initier au sujet, avec toute la rigueur conceptuelle nécessaire. Mieux, le livre parvient à éclairer les particularités difficiles de l'éthique médicale, un domaine de connaissances théoriques sur les bonnes pratiques dont le trait distinctif est le rôle central accordé à l'argumentation.

Alors que la science exige que les décisions médicales soient fondées sur des preuves empiriquement démontrées, le rôle de la philosophie — et plus particulièrement de l'éthique médicale — est de réclamer des raisons aux fondements des choix moraux. Comme le soutiennent les auteurs, « le rôle de la philosophie, et de son application en éthique médicale, est d'exiger des raisons et de soumettre ces raisons à une analyse minutieuse » (p. 27).

C'est précisément cette tâche qui est louablement accomplie dans ce livre d'introduction. Les étapes et les instruments nécessaires à un raisonnement adéquat en éthique médicale sont présentés de manière claire et rigoureuse, non seulement d'un point de vue méthodologique abstrait, mais également par l'application de cette méthode tout au long des divers thèmes abordés au fil des chapitres du livre.

Avec une clarté analytique et de manière synthétique, les auteurs présentent ce qu'ils appellent « une boîte à outils de raisonnement » (« *a toolbox of reasoning* ») (chap. 3), en l'occurrence une liste de huit « outils » qui aident à la construction d'un raisonnement éthique orienté vers des questions liées à la santé et aux soins médicaux : 1°) « Distinguer les faits des valeurs » ; 2°) « Raisonnement à partir de principes » ; 3°) « Définition des termes » ; 4°) « Élucidation des concepts » ; 5°) « Comparaison de cas » ; 6°) « Expériences de pensée » ; 7°) « Logique » ; et enfin 8°) « Repérer et éviter les erreurs de raisonnement » (pp. 27-28). Selon les auteurs, ces outils, en association avec la sagesse, l'imagination et la créativité, sont nécessaires à la réflexion éthique.

Après une brève introduction théorique consacrée à la définition de l'éthique médicale et de ses approches (chap. 1), notamment les différences entre les perspectives morales unitaires et pluralistes (cette dernière étant adoptée par les auteurs), le thème de l'aide médicale à mourir, en particulier dans le cas de l'euthanasie, inaugure la réflexion éthique (chap. 2).

Dans le chapitre 4, les thèmes de la conception, du choix reproductif et des débats philosophiques liés à la question des « personnes qui n'existent pas encore » et au problème de la « non-identité » (D. Parfit) sont explorés. Dans le chapitre suivant, les auteurs réfléchissent à propos de la folie et des injustices qui régissent encore les actions et les décisions concernant les personnes atteintes de maladies mentales.

Au chapitre 6, le thème de la santé mentale est toujours présent, mais envisagé du point de vue du soignant. Le rôle de « l'éthicien médical » est présenté par le biais de l'analyse de cas de prise en charge de personnes atteintes de démence. Ces précautions nécessitent de faire face à des problématiques philosophiques extrêmement complexes, comme celles de la définition de l'identité personnelle (l'opposition entre les approches de D. Parfit et de J. Hughes) et de la mesure du bien-être.

Le thème de l'allocation des ressources de santé retient également l'attention. Tout au long du chapitre 7, les auteurs réfléchissent à la mise en place d'une procédure équitable (*fair procedure*) de prise de décision en santé, en insistant sur les rôles que le professionnel formé à l'éthique médicale (dans le cas des pays anglophones, il s'agit typiquement du *medical ethicist*) peut accomplir tout au long de ces procédures.

Dans les chapitres 8 et 9, sont présentés les défis qui se présentent aux conceptions et consensus habituellement partagés par ceux qui se consacrent à l'éthique médicale. Le discours alarmiste propagé par des philosophes sur le risque moral associé à l'usage de nouvelles technologies est souvent rapidement réduit au silence par l'avancée quotidienne de ces nouveaux thérapies, procédures, médicaments et, plus récemment, algorithmes d'intelligence artificielle. Cependant, l'attention des auteurs se porte sur une autre perspective : la façon dont l'avancement de ces techniques, par exemple les tests génétiques, teste les exigences morales déjà classiquement associées aux activités biomédicales, telles que le secret médical. Les auteurs démontrent alors, de manière didactique, à quel point les décisions éthiques prises de nos jours lors de nombreuses situations courantes ne sont ni simples ni évidentes.

Enfin, des défis liés à la pratique de la recherche et, spécifiquement, au consentement dans différentes communautés et cultures sont présentés (chap. 9). C'est une question aujourd'hui particulièrement pertinente en raison de la mondialisation des différentes étapes de la recherche. Comme les auteurs le soulignent dans ce dernier chapitre, les progrès rapides de la technologie et de la mondialisation posent d'importants défis à l'éthique médicale contemporaine.

Sans aucun doute, pour pouvoir réaliser un tel travail d'introduction synthétique, certains choix ont dû être faits. Certaines absences ou décisions non évidentes peuvent être notées. Entre autres, signalons particulièrement le manque d'attention au courant du principisme (*Principlism*), dominant dans l'éthique anglophone, ainsi que l'absence d'un débat plus approfondi sur les principes de la justice distributive qui aurait permis de développer davantage la « règle de secours » (*rule of rescue*) qui porte sur le devoir d'action lors d'une situation de risque pour une personne ou pour un groupe. De plus, nombre des positions normatives présentées dans l'ouvrage ne sont pas consensuelles. Cependant, ces quelques critiques n'affectent pas la qualité de l'ouvrage qui est susceptible de susciter un grand intérêt pour l'éthique médicale auprès de nouveaux lecteurs du domaine. L'utilisation constante de cas enrichit grandement la lecture.

L'organisation des arguments tout au long du livre est réussie. Si l'éthique médicale remet parfois en cause le *statu quo* de la pratique médicale actuelle, elle apporte, dans d'autres situations et thématiques, un soutien à ceux qui font face aux défis et incertitudes habituels des soins de santé tout en étant également attaquée et remise en cause par de nouvelles situations et technologies. Les auteurs parviennent ainsi à mettre en lumière à quel point ce domaine philosophique est stimulant et attrayant.

Marcos Paulo de Lucca-Silveira
Núcleo de bioética - Fundação José Luiz Egydio Setúbal &
São Paulo School of Economics, FGV

Mathématiques

Tenenbaum (Gérald), *Des mots & des maths*. – Paris : Odile Jacob, 2019. – 216 p. – 1 vol. broché de 14,5 × 22 cm. – 21,90 €. – isbn 978-2-7381-4900-8.

Pour éviter certaines peurs, celle peut-être de voir le titre transformé en « des maux et des maths », dès l'avant-propos l'auteur écarte le genre du dictionnaire, affiche sa subjectivité, et réclame son droit de tisser des liens entre des mots du vocabulaire français courant et leurs significations mathématiques. Osant une question dans le genre des cadavres exquis : « les liens souterrains entre les mots des maths et leurs répliques dans la langue profane dévoilent-ils un inconscient de la science ? ». Mais il annonce prosaïquement 30 sections ou chapitres, à peine plus que le nombre de lettres de l'alphabet français qui servent de repère comme dans un dictionnaire, et s'offre en chaque instance un plan en trois parties : d'une part le vocabulaire dans sa signification « profane », de l'autre le vocabulaire dans sa signification mathématique, et enfin « une synthèse spécifique en forme de viatique ». Le lecteur est prévenu, non des subtilités utilisées de la sémantique puisque la littérature est mise à contribution, mais de l'évitement de la technique mathématique qui garantit autant que possible « l'accessibilité ». Dont acte. Sur les trente mots qui interviennent, pas de risque d'intrusion d'un homomorphisme, d'une fonction dzêta, ou d'une intégrale abélienne. Mais bien des mots qui se prêtent à ces jeux qui font les titres, comme : « Terme, ou le moyen de la fin », et encore « Un : être un étreint-il ? ». On est un peu déçu que le mot « matrice » ne donne lieu qu'à « M comme Matrice, nommé pour engendrer », ou « Trivial, au croisement des évidences ».

Justement, il n'est pas sûr qu'un public général sache que le mot « trivial » est utilisé en mathématiques pour désigner une chose qui va de soi, évidente, et qu'il serait bien vulgaire de perdre son temps à la démontrer. Ce qui permet à Tenenbaum de raconter avec délices l'anecdote dont le héros ici serait Hardy, un mathématicien anglais particulièrement doué et excentrique aussi bien, mais que l'on trouvera sous bien d'autres noms, qui ayant écrit au tableau une formule, l'ayant déclarée triviale, y revient dans un silence de la classe et du professeur, confirme la trivialité sans plus d'explication, etc. L'exercice de style, au cours des cinq pages du thème, consiste à renouer avec une signification latine du *trivium*, l'embranchement des trois voies, en l'associant à la difficulté possible de l'élève auquel le professeur assène que ce qu'il vient de dire est trivial, et qui est alors partagé entre l'acquiescement forcé, le doute s'il ne « voit » pas ladite évidence, mais encore la fuite en avant sans discussion, la troisième voie, qui peut quelquefois s'avérer être la façon de donner une profondeur à l'évidence proclamée par le professeur. Mais en relisant ce que je viens d'écrire, je m'aperçois que c'est moi qui ici ai rajouté en l'occurrence cette troisième voie. Cela ne peut-il pas passer pour un autre viatique que celui voulu par l'auteur ? Tel est le charme de l'ouvrage qu'on se prend soi-même à jouer des étymologies qui sont ici données, et à rappeler les lectures et les légendes qui font une partie du folklore mathématique. L'auteur évite certes les trivialités, et même à son entrée « trivial », ne cite pas cette définition de la fausse trivialité, le grain de sable qui fait dérailler un long calcul, un « cul-nu », comme on disait dans les années soixante dans les classes préparatoires aux Grandes Écoles : « une petite merde dans un gros cul-nu ». Cette expérience est souvent symboliquement rencontrée par tout élève, comme par tout mathématicien même performatif.

Quand bien même il éviterait radicalement ces « trivialités » folkloriques, c'est bien dans l'expression littéraire, ou psychologique, de l'expérience quotidienne du travail mathématique que ré/ai/sonne la tonalité du présent ouvrage. On s'y sert de l'histoire des mathématiques, certes trop réduite à des indications de date pour les auteurs ; on y cite sans trop insister poèmes et romans de bien des époques ; on pourrait alors parler de « vers dorés » comme ceux attribués à Pythagore, à condition d'ajouter que le reflet d'or ne recouvre pas les objets mathématiques, mais plutôt la découverte, ou mise à jour. Il y a systématiquement volonté de laisser une part d'inconnu qui demeure autour de ce qui a été indéniablement trouvé, et clairement exposé. Alors même que le théorème de Pythagore et sa réciproque clôturent le Ier livre des *Éléments* d'Euclide, on sait bien que ce théorème n'est pas la fin des mathématiques, qu'il connaît dès les *Éléments* d'ailleurs une tout autre démonstration, et des suites arithmétiques et géométriques. Gérald Tenenbaum à l'entrée « I comme Inconnue : désigner pour dévoiler », travaille peut-être trop la rhétorique, mais c'est pour faire sentir le moment de la compréhension de tout un acte mathématique.

> « À la différence de la variable astreinte à parcourir inlassablement un espace balisé, l'inconnue, rassurante permanence de l'incertitude, vacille entre l'ombre et la lumière ; elle se dérobe pour mieux se dévoiler, et façonne le lien qui va de l'intrigue au dénouement » (p. 120).

Je me garde, en ces temps du soupçon permanent, de donner sa justification du dévoilement par la féminisation de l'inconnue. Mais conclus que ce livre crée une atmosphère assez inattendue, loin du pédantisme littéraire aussi bien que mathématique, et fort plaisant. J'ajoute qu'apparemment, l'auteur avait prévu d'insérer des illustrations dans son ouvrage, comme celle mentionnée de la page de titre de l'ouvrage mis en latin de Diophante sur lequel Fermat écrivit qu'il avait une preuve de sa fameuse conjecture (voir note 10, p. 118). Visiblement, et à tort, l'éditeur a jugé rédhibitoire cette exhibition, et il n'y a pas plus insertion de figures géométriques, ou de quelques formules. C'est dommage !

Jean Dhombres
Centre national de la recherche scientifique
École des hautes études en sciences sociales

Astronomie et cosmologie

Nazé (Yaël), *Astronomie de l'étrange : individus singuliers, objets bizarres, idées insolites*. – Paris : Éditions Belin, 2021. – 373 p. – 1 vol. broché de 15 × 22 cm. – 24,00 €. – isbn 978-2-410-01629-1.

Les éditions Belin annoncent ainsi la sortie du présent ouvrage : « Savez-vous que l'Univers pourrait bien être en pétard ou au moins chiffonné ? Que la Grande-Bretagne aurait subi une pluie infestée d'aliens ? Connaissez-vous le lien entre Newton et les pirates ? Ne vous étonnez pas de croiser des hommes et des femmes singuliers aux destins étonnants, des objets célestes étranges et des hallucinations collectives ! Vous reviendrez de ce voyage inédit dans les étoiles, riche d'anecdotes cosmiques, et avec une certitude : l'univers n'a pas fini de nous étonner... ».

En plus de l'excellence de ses travaux fondamentaux, Yaël Nazé possède une grande maîtrise de la communication tant dans ses livres (celui-ci est le onzième) que dans les animations et conférences qu'elle tient depuis plus de 10 ans. Pour plus d'information sur la physique et l'astrophysique des phénomènes décrits dans ses ouvrages et interventions, nous suggérons de visiter le site parfaitement tenu à jour : http://www.astro.ulg.ac.be/~naze/.

Son ouvrage précédent, *L'astronomie au féminin*, qui fait une part importante à l'histoire (la petite, mais aussi la grande) des femmes qui ont œuvré pour la compréhension de l'espace qui nous entoure a été analysé dans cette revue (2015, n°186(3), pp. 392-393).

Découvrir maintenant l'astronomie avec la lunette pointée vers l'étrange est certes très inhabituel, mais n'est-ce pas une voie à suivre pour amener le lecteur à s'intéresser à cette discipline des sciences ?

L'*Astronomie de l'étrange* se déguste en trois parties : les individus singuliers (140 p.), les objets bizarres (100 p.), les idées étranges (100 p.), mais il peut être aussi abordé, librement, en consultant, sans ordre établi, tout ou une partie des 75 articulets (à prendre dans le sens d'exposés concis et non dans celui de commentaires sans grande valeur).

Parmi les savants choisis (célèbres, mais en interactions avec de nombreux autres parfois peu connus), voici comment Yaël Nazé aborde les aspects inattendus des activités d'un *sale caractère* : Newton, ses querelles avec Hooke, avec Huygens, avec Leibniz, avec Flamsteed, son énorme complexe de supériorité dans l'ensemble de ses activités scientifiques, politiques, de gestion… Après Newton, c'est à Urbain le Verrier, Thomas Jackson Jefferson See, Fritz Zwicky, George Ellery Hale, Ticho Brahe, Marc Aaronson, Rodney David Marks et Camille Flammarion que l'auteur consacre ses commentaires, avec le talent d'une romancière.

Après les hommes, c'est aux objets célestes bizarres que s'intéresse l'auteur : bizarres par leur forme, leur couleur changeante, leurs trajectoires folles, et autres manifestations qui pourraient donner raison à ceux qui croient aux ovnis. Elle fait alors appel à ses compétences de physicienne et d'astrophysicienne pour révéler les origines de ces étrangetés. Pas de panique pourtant pour ceux qui n'apprécient pas les aspects physiques : les exposés ne font aucun appel à des opérations compliquées. Pas la moindre expression mathématique.

Pour discuter des idées étranges, Yaël Nazé se mue, avec succès, tantôt en historienne tantôt en philosophe, pour aborder la rotondité de la terre, la peur et l'admiration pour notre satellite naturel, la vie venue d'ailleurs, l'espace comme plaine de jeux ou comme champ d'espionnage, voire de guerre. Elle achève son récit en contemplant le cosmos avec la complicité (mais pas la complexité) des mathématiques pour admirer la perfection du mécanisme.

L'ouvrage est agrémenté d'histoires insolites, croustillantes, organisées sous forme d'encadrés incorporés dans la narration générale, mais sur fond coloré et de photos en couleur groupées dans deux fascicules couvrant 16 pages additionnelles.

Une bibliographie, rassemblant plus de 400 titres d'ouvrages et articles et couvrant, dans l'ordre, l'ensemble des articulets, est fournie en fin d'ouvrage.

Je reviens de ce voyage inédit dans les étoiles, riche d'anecdotes cosmiques, avec une certitude : l'univers n'a pas fini de m'étonner.

Guy Demortier
Université de Namur

Ory (Michel), *Chasseur de comètes : la quête de nos origines*. – Louvain-la-Neuve : De Boeck supérieur, 2021. – xvii + 168 p. – 1 vol. broché de 15 × 21 cm. – isbn 978-2-8073-3490-8.

Michel Ory est un « simple » professeur de physique au secondaire, au Lycée cantonal de Porrentruy, dans le Jura suisse. Mais il est aussi passionné d'astronomie depuis son plus jeune âge, et spécialisé dans l'observation des astéroïdes et des comètes. Il a passé un nombre incalculable d'heures d'observation nocturne, car l'astronomie est un des rares domaines scientifiques où un amateur peut faire de très belles découvertes. Il y a donc une véritable communauté internationale d'astronomes amateurs. Pour ceux-ci, la récompense suprême est la découverte d'une nouvelle comète, qui portera d'ailleurs leur nom. M. Ory en a découvert deux, la première en 2008, appelée 304P/Ory.

Pour bien situer le sujet, rappelons qu'une comète ou astre chevelu est un gros caillou glacé, de quelques kilomètres de diamètre, provenant du fin fond du système solaire, soit de la ceinture de Kuiper, soit du nuage de Oort. Elles sont donc contemporaines de la formation du système solaire (d'où le sous-titre du livre). Elles sont composées de roches et de glaces diverses, dans lesquelles sont incluses beaucoup de poussières. Les comètes obéissent aux lois de la gravitation et ont donc une orbite elliptique (parfois parabolique) autour du soleil, soit avec une période inférieure à 200 ans (par définition, elles sont alors appelées comètes périodiques), soit une période supérieure à 200 ans (comètes non périodiques). Quand la comète se rapproche du soleil, la glace fond et libère des poussières et des gaz (dégazage). Il en résulte un halo sphérique (coma ou chevelure), une queue de poussières, en général bien visible et incurvée, et une queue ionique, bleue et rectiligne, causée par l'interaction des gaz éjectés avec le vent solaire (par fluorescence).

Historiquement, les comètes ont toujours été observées, car elles sont souvent visibles à l'œil nu. Dans l'Antiquité, elles étaient redoutées, car annonciatrices de catastrophes, séismes, inondations, épidémies. C'est à partir du XVIIIe siècle seulement, et l'apparition de la célèbre comète de Halley, que les astronomes ont reconnu la véritable nature des comètes et que les études scientifiques ont démarré. Mais, comme signalé ci-dessus, les astronomes amateurs ont toujours contribué de façon essentielle à la découverte de nouvelles comètes, bien que ne disposant pas, en général, d'instruments puissants et automatisés. La communauté s'est organisée et toute nouvelle découverte est immédiatement cataloguée et baptisée par le Minor Planet Center (MPC, Harvard).

Venons-en au livre de M. Ory. Malgré un aspect un peu scolaire, l'ouvrage est très complet et bien documenté. On y trouve la réponse à une foule de questions que se poserait le profane : comment découvrir une comète ? Comment se la faire attribuer (par le MPC) ? Comment déterminer son orbite (par des mesures ponctuelles) ? Comment calculer sa trajectoire et prévoir son retour ? Ce qui ne gâte rien, l'ouvrage est à la fois sérieux et très

ludique. En effet, il fourmille d'anecdotes souvent amusantes sur l'auteur (la découverte de « sa » comète, entre autres) et sur ses collègues astronomes amateurs. Il a tellement voyagé dans sa chasse aux comètes qu'il semble les connaître tous personnellement… En outre, il y a énormément de photos et aussi des caricatures amusantes dues à un de ses collègues de Porrentruy. Enfin, il est préfacé par Michel Mayor, co-Prix Nobel de physique pour la découverte de la première exoplanète, qui en pense le plus grand bien. Bref, voici un livre à conseiller absolument à tous les passionnés d'astronomie… et aux autres aussi.

Jean-Pierre Antoine
Université catholique de Louvain

Lepeltier (Thomas), *L'Univers existe-t-il ?*. – Paris : Presses universitaires de France, 2021. – 168 p. – 1 vol. broché de 12,5 × 19 cm. – 18,00 €. – isbn 978-2-13-065296-0.

À première vue, le titre de cet ouvrage semble heurter totalement le bon sens, alors qu'en réalité il soulève une interrogation particulièrement pertinente à partir de l'astrophysique et de la cosmologie contemporaines. Certes, il ne s'agit nullement de révoquer en doute l'existence de notre monde environnant, ni celle de la réalité physique en général, mais de faire une mise au point sur le statut scientifique et philosophique de la notion d'*univers* prise comme concept à pouvoir totalisant. L'auteur, Thomas Lepeltier, qui est astrophysicien et journaliste scientifique, a déjà publié plusieurs ouvrages et de nombreux articles sur la cosmologie contemporaine, tant au niveau des découvertes les plus récentes qu'au sujet des problèmes qu'elles soulèvent.

Ici, l'auteur adopte une approche originale, à la fois historique et thématique, pour « retracer l'histoire des débats autour de la scientificité de la cosmologie » (p. 9). En effet, l'univers peut-il être un objet de science comme un autre ou bien n'est-il qu'une idée commode destinée à tenter d'unifier l'ensemble des connaissances théoriques et observationnelles ? Sachant que la science est toujours en marche, il ne s'agit pas de donner une réponse définitive à cette question, mais de présenter l'état actuel de celle-ci avec ses enjeux, ses impasses et ses nouvelles perspectives.

Le livre de Thomas Peltier s'ouvre sur « la fable de la boîte » (p. 11), ce qui est un moyen d'entrer de façon imagée dans l'idée de *contenant*, mais de contenant partiel, pour viser ensuite la notion d'univers (ou même de multivers) comme contenant ultime qui ne saurait être à son tour partie d'un tout plus vaste ou plus englobant. Par-delà cette image volontairement naïve, l'ouvrage, qui comprend 4 chapitres, commence par esquisser à grands traits un bref historique des principales conceptions de l'univers depuis Aristote, les Stoïciens et les Épicuriens jusqu'aux « modèles relativistes » en passant par Descartes, Newton, Kant (sa cosmologie de jeunesse), William Thomson, Ludwig Boltzmann, sans oublier les mises en garde d'ordre méthodologique de la part de la critique kantienne, du positivisme comtiste et du fictionnalisme au sens de Duhem. La fin de ce premier chapitre évoque bien sûr la théorie de la relativité générale ainsi que les découvertes observationnelles (de Hubble) du premier tiers du XXe siècle, tout en présentant les défenseurs aussi bien que les opposants à la cosmologie relativiste avec Einstein, De Sitter, Milne, Friedmann, Lemaître, pour finir ce premier tour d'horizon avec le scepticisme de Gaston

Bachelard. Certes, il ne s'agissait pas de prétendre donner une histoire de la cosmologie pré-relativiste et relativiste parce que ce n'était pas l'intention de l'auteur. Ce « survol » historique voulait montrer que dès les débuts de la science classique jusqu'à la théorie de la relativité générale, les scientifiques s'opposèrent continuellement sur la question de savoir si la cosmologie est véritablement une discipline scientifique.

C'est cette question qu'aborde directement le deuxième chapitre qui porte désormais sur la cosmologie relativiste contemporaine, mais en faisant une large place aux débats méthodologiques et philosophiques à propos des critères de scientificité en général. Ces débats épistémologiques furent suscités par la confrontation entre les principaux modèles cosmologiques durant les années 1930 à 60. Cependant, il ne s'agissait pas que de pures spéculations théoriques, car il y eut au cours des mêmes années de très grandes découvertes, (comme le décalage du spectre visible vers le rouge pour les galaxies les plus lointaines, le rayonnement micrométrique diffus du fond de ciel à 3°k, etc.), qui conduisirent la majorité des astrophysiciens à reconnaître que la cosmologie est bien une science qui repose sur des données empiriques très solides. Durant toutes ces années, deux principaux modèles d'univers ont émergé et se sont durement affrontés : d'une part, le modèle de l'univers stationnaire (la *steady state theory* de Fred Hoyle, Thomas Gold et Hermann Bondi) qui, malgré l'expansion, reste homogène, sans commencement ni fin ; d'autre part, le modèle du « big bang » qui implique une singularité et un commencement de l'univers (Lemaître, Gamow). C'est précisément cette singularité que Hermann Bondi qualifie de science-fiction ; tandis que les défenseurs du « big bang » voyaient dans la création continue de matière (requise par le modèle stationnaire) une sorte de principe *ad hoc* permettant de sauvegarder le modèle du « *steady state* ». Certes, le modèle du « big bang » est devenu progressivement, depuis les années 70, le modèle standard de la cosmologie contemporaine qui revendique expressément sa scientificité.

Toutefois, le chapitre 3, intitulé « Un big bang insaisissable », montre que, depuis les années 2000, le modèle standard se heurte à de grandes difficultés tant sur le plan scientifique (anomalies) qu'épistémologique. D'où la nécessité d'introduire des entités hypothétiques, comme la « matière noire » et « l'énergie sombre », le champ inflationnaire associé au fameux « boson de Higgs », la gravitation quantique à boucles ou la théorie des cordes. Sur le plan épistémologique, il semble inquiétant que la théorie inflationnaire soit encore hypothétique et puisse, après avoir reçu les modifications nécessaires, finir par s'accorder avec les données observationnelles (tout en rendant compte de l'énigmatique accélération de l'expansion de l'univers qui serait due à une certaine « énergie noire »), ce qui l'immunise contre toute réfutation possible. En ce sens, elle devient presque inutile et perd beaucoup de sa scientificité au sens de Popper et même de Lakatos. Or, s'il n'y a pas actuellement d'autre modèle cosmologique alternatif que celui du « big bang », comme le remarque l'auteur : « On pourrait presque dire que, plus ce modèle se développe, moins on sait de quoi l'univers est constitué » (p. 104). Face à ce flou qui caractérise la cosmologie contemporaine et malgré toutes ses découvertes, la question se pose alors de savoir si la notion d'univers « signifie encore quelque chose » (p. 121).

C'est cette question qui est au centre du 4[e] et dernier chapitre intitulé : « La dissolution de l'univers ». Tandis que la notion d'univers englobait celle de la pluralité des mondes

depuis l'antiquité et la Renaissance, peu à peu se faisait jour l'idée nouvelle d'une pluralité d'« univers-îles », par exemple chez le Kant précritique au milieu du XVIIIe siècle, c'est-à-dire l'idée que ce que nous croyions être la totalité ultime de tout ce qui existe dans l'espace et le temps n'était peut-être qu'une infime partie de l'*univers*. C'était l'esquisse initiale, sur le plan spéculatif, de ce que l'on est convenu d'appeler depuis les années 2000 le « multivers ». Ainsi, le « big bang » est débordé de toutes parts, car il est fort possible qu'avec l'expansion exponentielle de l'espace d'autres « big bangs » aient été produits par le passé et que l'inflation en produise encore une infinité, surtout si l'on admet qu'elle est éternelle... Il y aurait donc une multitude indénombrable d'univers, par-delà l'horizon cosmologique. C'est cela qu'il faut entendre par « multivers ». Toutefois, il ne s'agit plus d'une idée purement spéculative, car elle est étroitement liée à la physique des hautes énergies, à la théorie des cordes et à la mécanique quantique. Malgré ces solides appuis théoriques, la question est de savoir si la théorie du « multivers » est actuellement *testable*, du moins au sens de la conception poppérienne de la scientificité que ne partagent pas tous les astrophysiciens. Avec la notion de « multivers », il devient difficile de le considérer comme un véritable tout sans s'interroger immédiatement sur ce qui est au-delà de lui, ce qui débouche sur la question de l'infinité cosmique. Face à ces interrogations et même à quelques autres, l'auteur souligne que l'on est en droit de se demander si l'idée d'univers conserve encore une signification : « Là encore, comment, dans ces conditions, parler d'une structure globale ? Derrière cette question, c'est l'idée même d'un univers aux caractéristiques définies qui semble se dissoudre » (p. 158). Ce qui ne veut pas dire pour autant que l'auteur en arrive à nier l'existence de l'univers, car ce serait une position dogmatique totalement indéfendable et infondée qui ne pourrait s'accorder avec ce que ce livre a si rigoureusement bien établi en s'appuyant sur une très solide connaissance historique et scientifique du problème. Dans son bref épilogue, Thomas Lepeltier précise ce qu'il convient de retenir de son investigation : une sérieuse mise en garde contre une prétendue connaissance du contenant ultime des objets célestes, « la boîte », et une prise de conscience lucide de ce que cette interrogation peut nous apporter.

JEAN SEIDENGART
Université Paris-Nanterre

Physique

BRICMONT (Jean), *Comprendre la physique quantique*. – Paris : Éditions Odile Jacob, 2020. – 319 p. – 1 vol. broché de 15,50 × 24,00 cm. – 24,90 €. – isbn 978-2-7381-4964-0.

Après une fructueuse carrière en mécanique statistique, Jean Bricmont s'est lancé dans l'étude des fondements physiques et philosophiques de la mécanique quantique (MQ), dans la foulée de son célèbre article avec Alan Sokal. En fait, l'ouvrage qui nous occupe a été précédé de deux autres, qui ont été analysés en grand détail dans cette revue par Y. Caudano : *Quel sens donner à la mécanique quantique ? Une perspective physique, philosophique et historique guidée par la théorie de de Broglie-Bohm* (RQS, 2019, vol. 190, n°3-4, pp. 409-417). En pratique, celui-ci semble presque la traduction de l'un des deux, visiblement destiné à un public français.

Le titre est déjà tout un programme. Selon l'auteur, le but de cet ouvrage est double. D'une part, « mettre en évidence le caractère parfois paradoxal des fondements de la mécanique quantique, mais surtout démêler les confusions, la pseudoscience et la mauvaise philosophie qui accompagnent la plupart des discussions sur la physique quantique à destination du public cultivé » (p. 9). But éminemment louable, qui s'apparente à un exercice de salubrité publique ! Les paradoxes en question conduisent nombre de physiciens, même célèbres (Feynman !) à affirmer qu'on ne peut pas vraiment comprendre la MQ… Notre auteur se propose de défendre l'affirmation inverse (voir le chap. 8).

Du double but énoncé ci-dessus découle le plan du livre. Les chapitres 1 et 2 donnent les bases de la MQ et en particulier la notion d'interférence, illustrée par l'expérience des deux trous. Le chapitre 3 est un « intermezzo » philosophique à propos du déterminisme, des probabilités et du libre arbitre. Les chapitres 4 et 5 nous ramènent à la physique : fonction d'onde et équation de Schrödinger, principe d'incertitude de Heisenberg, rôle de la mesure, variables cachées (y compris le malheureux chat de Schrödinger, à la fois mort et vivant). Nouvel « intermezzo » philosophique au chapitre 6, sur le rôle central des observations en MQ. Au chapitre 7 apparaît enfin le concept le plus mystérieux, à savoir la non-localité de la MQ et son analyse par J. S. Bell. Le chapitre 8, considéré par l'auteur comme central, est une introduction à la théorie de l'onde pilote de de Broglie-Bohm, qui fournit une théorie complète de la MQ, sans recourir aux observations. Le reste de l'ouvrage revient sur les controverses historiques, telles que les débats entre Bohr et Einstein, l'argument EPR (Einstein-Podolsky-Rosen) et la réponse de Bell. Il reprend aussi différentes variantes, par ex. les mondes multiples, et l'impact culturel de la MQ (et ses dérives !), avec une insistance sur la scène française.

Il faut bien remarquer que la plupart des physiciens actifs ne se sentent pas concernés par ces problèmes de fondements (qui remontent à près d'un siècle), trop occupés qu'ils sont à défricher le monde des particules élémentaires, la matière condensée ou la physique atomique. Pour s'en convaincre, il suffit de parcourir la majorité des ouvrages actuels sur la MQ. Une exception à signaler est celui de L. E. Ballentine, *Quantum Mechanics — A Modern Development* (2nd ed., World Scientific, Singapore, 1998), qui consacre tout un chapitre à l'apport de Bell. Le public est donc a priori non scientifique. Bien sûr, la culture de l'auteur en physique et en philosophie est immense et sa présentation très accessible. Mais il va parfois trop loin, au risque d'infantiliser le lecteur. D'une part, il met trop de poids sur des arguments historiques dépassés, avec des exemples remontant souvent à Einstein (position d'une particule dans une ou plusieurs boîtes), alors que les arguments de Bell (corrélations de spin) sont beaucoup plus convaincants. D'autre part, il se refuse à écrire une seule équation, renvoyant pour celles-ci à des appendices accessibles uniquement sur Internet. Ce constant va-et-vient entre le livre et un ordinateur est énervant et dessert considérablement la portée de l'ouvrage. Il faudrait plutôt parodier le célèbre proverbe chinois : « une équation vaut mieux que mille paroles. »

Ceci dit, l'ouvrage est très bien construit et rédigé, mais ne parlera guère à la majorité des physiciens. Il peut aussi apparaître comme une défense de la théorie (controversée) de

de Broglie-Bohm, qui a manifestement la préférence de l'auteur. Ceci met à mal sa neutralité, comme le soulignait déjà Y. Caudano dans son analyse.

Jean-Pierre Antoine
Université catholique de Louvain

Hewitt (Paul), *Physique conceptuelle* / traduit par Mohamed Ayadim. – Louvain-la-Neuve : De Boeck supérieur, 2020. – xxii + 814 p. – 1 vol. broché de 21,5 × 27 cm. – 69 € en version brochée ; 82 € en version reliée. – isbn 978-2-8073-0703-2.

Trente ans déjà depuis la sortie de la première édition en anglais ! Voici une traduction française de la douzième édition parue en 2015 aux éditions Pearson.

Dans le numéro 170-4 (1999) de cette *Revue*, Ghislain Blanquet signait une analyse de la 8e édition de cet ouvrage (*Conceptual Physics*, isbn 0-321-00971-1) et la recommandait vivement aux enseignants et étudiants impliqués, souvent de manière accessoire, dans l'étude de la physique. Le principal éloge de l'ouvrage tenait dans l'approche conceptuelle de la physique, partant de situations simples, souvent tirées d'expériences quotidiennes, donnant la possibilité aux étudiants de faire un parallèle entre un phénomène physique et un évènement de la vie de tous les jours, avant d'aborder la conception des lois et la forme mathématique de ces dernières.

La traduction française de cette treizième édition a été réalisée par Mohamed Ayadim, enseignant en sciences médicales à l'Université catholique de Louvain, très impliqué dans la préparation des jeunes à l'examen d'entrée en médecine.

Après une présentation de la démarche scientifique basée sur les mesures de caractéristiques du système solaire avec les moyens modestes de l'Antiquité et une critique virulente des dégâts des pseudosciences, l'auteur organise l'ouvrage de manière traditionnelle : mécanique (200 p.), propriétés de la matière (80 p.), chaleur (80 p.), le son (50 p.), électricité et magnétisme (75 p.), lumière (120 p.), physique atomique et nucléaire (60 p.), relativité (45 p.). L'importance relative des matières indique clairement que le contenu s'adresse à des étudiants qui n'envisagent pas de mener une carrière de physicien, mais d'aborder les notions de physique qui seront utilisées dans d'autres sciences ou qui permettent d'apprécier les ordres de grandeur dans des activités de tous les jours (jeux, sports, circulation des véhicules, perceptions anatomiques, phénomènes atmosphériques, comportement animal, stabilité des constructions, électricité statique…).

La présentation de l'ensemble est très vivante et abondamment illustrée par des photos de membres de la famille de l'auteur, d'instructeurs de physique qui ont contribué aux modifications des 11 éditions antérieures et qui sont souvent photographiés en pleine démonstration, de célébrités du monde politique et du spectacle, des grands noms de la physique (auxquels sont jointes des notices biographiques), de proches parents de l'auteur appartenant à trois générations dans des situations parfois attendrissantes. Des milliers d'illustrations, souvent humoristiques, mais toujours adéquates, aideront l'autodidacte à ne pas perdre courage dans l'assimilation de concepts exigeant une subtilité certaine. Tout est conçu pour présenter l'étude de la physique de manière ludique.

La version imprimée du texte n'occupe pas la totalité de la largeur des pages. Dans les marges, on trouve des compléments d'illustrations, des allusions à des légendes et des réflexions populaires appelant à de judicieux questionnements, des anticipations liées à des notions qui seront traitées avec plus de détail dans les chapitres ultérieurs (comme l'annonce de la déformation de l'espace-temps au voisinage d'une étoile et la notion de trou noir de suite après l'étude du champ gravitationnel terrestre), des points de vue initiatiques sur la contribution de la physique dans d'autres sciences, des réflexions écologiques sur l'utilisation de nos ressources, des analogies ou des contradictions entre les mots de la langue (anglaise) et ceux de la physique, auxquels on ajoutera plus de 200 codes QR répartis dans tous les chapitres pour permettre aux lecteurs d'utiliser leur téléphone mobile pour visionner instantanément les démonstrations vidéo de Paul Hewitt et les « Screen Hewitt-Drew-It » tant pour se préparer à la lecture de l'ouvrage qu'à comprendre la physique.

À la fin de chaque chapitre, on trouve un bref résumé des questions traitées, un test de compréhension, une série de questions destinées à vérifier la juste assimilation, une invitation à réfléchir, à résoudre, à pratiquer, à discuter et à expliquer, et pour terminer un ensemble de QCM.

Ainsi conçu, un cours de physique devrait séduire les plus rébarbatifs des adolescents. C'est ce qu'en a déduit Paul Hewitt, même après avoir rencontré Richard Feynman (en 1987) dont on connaît les opinions extrémistes et qui se montrait fort réservé pour mettre la physique au programme des cours avant l'accès à l'enseignement supérieur. Feynman prétextait l'absence de professeurs compétents au niveau secondaire, situation connue de l'auteur de ce commentaire qui n'a découvert cette discipline qu'en qualité d'étudiant (il y a plus de 60 ans) à l'UCLouvain.

Nous ne recommandons pas le présent ouvrage de Hewitt comme seul manuel destiné aux étudiants engagés dans un premier cycle universitaire en sciences physiques, mais comme second ouvrage après les classiques comme les *Feynmann Lectures on Physics* ou les récentes versions de *Physics* de Halliday-Resnick. Il conviendrait également à ceux qui préparent une agrégation pour enseigner cette science à nos adolescents et à ceux qui doivent inscrire la physique à leur curriculum de baccalauréat sans intention particulière d'en faire profession.

L'avis positif de Ghislain Blanquet qui enseignait la physique en première année de médecine est néanmoins largement justifié.

Guy Demortier
Université de Namur

Carroll (Sean), *Le grand tout : sur l'origine de la vie, son sens et l'univers lui-même* / traduit par Nathalie Bédrin et Vincent Faye. – Lausanne : Quanto (Presses polytechniques et universitaires romandes), 2018. – 608 p. – 1 vol. broché de 14 × 20,5 cm. – 22,00 €. – isbn 978-2-88915-254-4.

L'ouvrage porte comme sous-titre : « Sur l'origine de la vie, son sens, et l'univers lui-même ». Vaste programme ! L'original en anglais a été best-seller du *New York Times*. L'auteur est un physicien théoricien de Caltech, mais il a écrit ce livre pour le grand public.

La jaquette décrit le contenu de la façon suivante : « Qui sommes-nous ? Nos émotions, nos croyances, nos espoirs et nos rêves sont-ils dénués de signification au regard de l'immensité du cosmos ? L'existence de l'homme a-t-elle un sens et un but dans une vision scientifique de l'univers ? ». Évidemment Carroll est athée et totalement étranger à la pensée de scientifiques majeurs comme Georges Lemaître ou Teilhard de Chardin.

L'ouvrage est divisé en six « livres » : 1°) Le cosmos : quelques aspects importants du vaste univers ; 2°) L'entendement : comment aborder les tentatives de comprendre le monde ; 3°) L'essence des choses : les lois fondamentales de la physique, la mécanique quantique, le modèle standard ; 4°) Complexité : les liens entre ces lois et la complexité du monde, l'organisation spontanée de la matière mène à la vie ; 5°) Penser : l'énigme de la conscience, l'apport des neurosciences ; 6°) Aimer le monde : comment construire sens et valeurs dans un cosmos dénué de finalité transcendante.

Comme on le voit, la physique n'occupe qu'une petite place dans l'ouvrage. La majeure partie se compose de réflexions philosophiques, voire sociologiques, ce qui le rend assez frustrant pour un physicien. En effet, très souvent l'auteur utilise des comparaisons simplistes, approximatives, plus difficiles à comprendre que le fait scientifique original… En outre, il semble être un adepte de la théorie des univers parallèles d'Everett, qui n'est acceptée que par une très petite minorité de physiciens. Enfin, il extrapole le domaine de validité de la mécanique quantique (le modèle standard) du monde microscopique à l'univers entier, ce qui me semble injustifié. Remarquons toutefois qu'il ne fait pas cette extension dans l'appendice où il donne l'équation de base du modèle standard, y compris la coupure ultraviolette.

À titre de comparaison, un programme tout à fait parallèle se trouve dans le remarquable petit livre de Al-Khalili, *The World According to Physics*, analysé ici même[1] ou encore dans celui de Frank Wilczek, *Fundamentals, Ten Keys to Reality* (Allen Lane, 2021). Comme quoi, il est possible de faire un bilan de nos connaissances sur le monde qui soit scientifiquement non problématique.

En conclusion et du point de vue qui est le mien, je trouve cet ouvrage décevant, à force de vouloir parler à un public totalement ignorant de la démarche scientifique.

Jean-Pierre Antoine
Université catholique de Louvain

Chimie

Étonnante chimie : découvertes et promesses du XXIe siècle / sous la direction de Claire-Marie Pradier ; coordonné par Francis Teyssandier et Olivier Parisel. – Paris : CNRS éditions, 2021. – 328 p. – 1 vol. broché de 16 × 21 cm. – 22,00 €. – isbn 978-2-271-13652-7.

Publié par CNRS éditions, cet ouvrage collectif rassemble, en 340 pages, pas moins de 54 brèves contributions de scientifiques qui mènent des recherches de pointe et veulent

1. Cf. *Revue des questions scientifiques*, tome 192, 2021, n°1-2, pp. 250-251.

« raconter » la chimie en train de se faire aujourd'hui dans les laboratoires français. Un rapide survol, préalable à une lecture plus approfondie, dévoile une alternance d'articles de niveau scientifique élevé accompagnée de plaisantes biographies de chimistes, dont la célébrité n'est pas nécessairement due à leur formation initiale (Angela Merkel, Alexandre Borodine, Primo Levi…) ou de réflexions sur la chimie et son développement.

Le livre est organisé en six parties : « Voyager dans le temps ou l'espace » ; « Observer et protéger notre environnement » ; « Créer et stocker l'énergie » ; « Modéliser et ciseler la matière » ; « Diagnostiquer et soigner » ; « Chimie au quotidien ».

Un examen du contenu de ces chapitres fait apparaître un choix très éclectique des sujets abordés ainsi que l'excellente qualité de leur traitement. Il n'y a rien à reprocher aux auteurs quant à la pertinence de leur analyse ou de leur exposé. Toutefois, certains articles ne pourront être pleinement goûtés que par les personnes dotées d'un bagage scientifique adéquat. Corollairement, cela induit le défaut que ces articles passent sans transition suffisante d'une introduction élémentaire (agaçante pour les initiés) à des développements trop spécialisés (intimidants pour ceux dont les connaissances en chimie se sont quelque peu estompées).

Cette remarque revient à s'interroger sur le public qui retirera le meilleur profit de la lecture du livre. Son titre, *Étonnante chimie*, et son sous-titre, *Découvertes et promesses du XXIe siècle*, reflètent deux préoccupations des coordonnateurs : attirer l'attention sur les prouesses anciennes et actuelles de la chimie et montrer comment les récents progrès cette science contribueront à résoudre les graves problèmes énergétiques et environnementaux qui assombrissent notre proche avenir. C'est à tous ceux que ces menaces préoccupent que la lecture de ces pages est particulièrement recommandée, non pas pour les culpabiliser, mais pour les inciter à considérer avec optimisme le rôle que joue et que jouera la chimie dans la lutte pour un monde meilleur.

Il ne faut cependant pas hésiter à aborder aussi l'ouvrage avec plus de légèreté, pour le plaisir de la découverte des multiples domaines où l'aspect moléculaire de la matière explique, illustre et enrichit nos connaissances, que ce soit dans les arômes des vins et de la cuisine, dans les pigments des peintures anciennes et modernes, dans le fonctionnement de nos instruments quotidiens, ou dans la fascinante biochimie du monde vivant.

Picorer au hasard dans les pages, c'est découvrir avec ravissement que la chimie est une *belle* science, loin des clichés l'associant à des nuages nauséabonds et polluants. On a souvent dit que *la chimie mène à tout*, mais la sentence devrait être renversée en *tout mène à la chimie*.

Il n'y a en effet aucun aspect de notre quotidien où la chimie n'est pas présente, évidente ou sous-jacente. On ne peut dès lors que recommander la lecture d'*Étonnante chimie* à tous ceux qui souhaitent admirer les aspects positifs de cette science et découvrir ce que les recherches actuelles apporteront à la résolution des problèmes qui affectent notre santé et notre environnement.

Les jeunes qui s'interrogent sur la spécialité à choisir pour leur cursus universitaire et ceux qui les forment en classes de sciences tireront également grand profit de cette lecture.

Ils y découvriront que de multiples domaines de recherche sont en pleine effervescence et n'attendent que de nouveaux talents pour aboutir à des résultats prometteurs.

Ultime remarque : pour tirer plein profit de cet ouvrage, il est vivement conseillé de le lire à petites doses plutôt que de tenter de l'absorber d'une seule traite. Le découpage en chapitres indépendants s'y prête parfaitement.

Bernard Mahieu
Université catholique de Louvain

Biologie

Many (Marie-Christine) - de Jesus Silva (Gaëlle), *Exercices de diagnostic histologique : à la recherche des tissus dans des préparations microscopiques*. – Louvain-la-Neuve : De Boeck supérieur, 2020. – 176 p. – 1 vol. broché de 21 × 29,50 cm. – isbn 978-2-8073-2826-6.

Les auteurs de ce bel ouvrage qui plonge le lecteur au cœur de coupes histologiques sont Marie-Christine Many, professeure ordinaire émérite à la Faculté de médecine et médecine dentaire et à l'Institut de recherche expérimentale et clinique de l'Université catholique de Louvain et Gaëlle De Jesus Silva, diplômée en biologie médicale à l'Institut Paul Lambin à Woluwe-Saint-Lambert et en infographie (techniques d'illustration et animation 2D) à la Haute école Albert Jacquard à Namur.

Ce manuel segmenté en trois parties a pour objectif de préparer les étudiants aux examens d'histologie. La première comporte des préparations microscopiques indexées, mais non légendées; la seconde traite des légendes des préparations et enfin, la troisième reprend les dessins des préparations non légendés. Dans une perspective didactique, un guide destiné à l'utilisateur est présenté avant d'aborder 17 « préparations microscopiques » agrémentées d'un code couleur attribué à chaque système en physiologie (10). Ce guide reprend les étapes essentielles au diagnostic de toute lame microscopique et conseille le lecteur dans la manière d'analyser celle-ci au moyen d'une démarche systématique.

Toutes les photomicrographies dont la provenance (espèce), le type de coloration et l'orientation sont précisées, sont également adjointes d'un repère métrique. Des zones particulières identifiées dans les préparations sont agrandies afin d'offrir un détail des structures. Ces zones agrandies sont toujours accompagnées d'un dessin coloré très fidèle à la préparation et doté d'un index permettant au lecteur de s'exercer et de tester ses connaissances.

Le deuxième volet reprend, de façon très systématique, les légendes des organes et des tissus en utilisant plusieurs niveaux d'organisation facilitant la compréhension du lecteur dans la démarche diagnostique.

Enfin, l'ensemble des dessins non légendés repris en fin de manuel permet encore au lecteur d'exercer sa capacité d'identification des tissus et des organes.

En conclusion, cet ouvrage est un outil de travail précieux à visée pédagogique dont le but est d'aider les étudiants qui suivent un premier cycle en sciences de la santé dans leur

apprentissage de l'histologie. Par sa conception originale, il permettra indéniablement aux étudiants de vérifier leurs capacités à identifier et à décrire la structure et la composition des tissus.

Stéphanie Rolin [1] & François Beauthier [1, 2]
[1] *Haute école Louvain-en-Hainaut*
[2] *Institut médico-légal Hainaut Namur, Université libre de Bruxelles*

Sciences médicales et paramédicales

Beauthier (Jean-Pol) – Lefèvre (Philippe) – Beauthier (François), *Traité d'anatomie palpatoire : membre inférieur et ceinture pelvienne* / préface des professeurs Véronique Feipel et Serge Van Sint Jan. – 2e édition. – Louvain-la-Neuve : De Boeck Supérieur, 2019. – xii, 329 p. – 1 vol. broché de 27,50 × 21,00 cm. – 79,00 €. – isbn 978-2-8073-0311-9.

Les auteurs n'en sont pas à leur premier coup d'essai : ils nous offrent une nouvelle fois un bel ouvrage concernant les structures majeures du système musculo-squelettique.

Cette seconde édition (la première fut publiée en 1993) fait suite à cette approche, quasiment pionnière, de l'anatomie de palpation développée dans les années 1980, qui se traduit par le rapprochement de l'anatomie de dissection et de l'anatomie dite « devinée » par l'approche du sujet vivant. Cette démarche a abouti au développement fulgurant de ce type d'enseignement au niveau universitaire et supérieur. Dans ce tome consacré au membre inférieur, chaque région anatomique, que ce soit la hanche, le genou ou encore le pied, est abordée selon plusieurs déclinaisons telles que l'ostéologie, l'arthrologie, la myologie, le système neurologique ou encore l'angiologie.

D'emblée, l'ouvrage met en œuvre — après un abord théorique de l'anatomie systématique — une approche comparative entre la palpation du sujet vivant et la correspondance avec les différentes pièces anatomiques issues de la dissection. L'iconographie est limpide, et inclut des photos de palpation de surface et de dissection des structures anatomiques dans une alternance de dessins clairs et de quelques clichés provenant de l'imagerie médicale. Qui plus est, la présence de tableaux résumant les plexus nerveux ainsi que les réseaux vasculaires est particulièrement intéressante.

Les auteurs ont également rajouté, par rapport à l'édition précédente, d'importants chapitres, tels que la propédeutique, la sémiologie, mais aussi des données pathologiques qui sont en nombre limité, afin de rester fidèles à l'objectif de l'ouvrage. La *propédeutique* est, étymologiquement, l'introduction préparatoire à une science et comporte ainsi les exercices qui précédent l'enseignement. Dans le cas de cet ouvrage, il est vrai que la pratique palpatoire est plus proche de la propédeutique, tandis que le terme « sémiologie » possède un champ sémantique beaucoup plus vaste et englobe beaucoup plus de signes cliniques. En conséquence, l'ouvrage recoupe cette particularité d'aborder les aspects de la sémiologie en étudiant les aspects neurologiques, les manœuvres cliniques, avec des cha-

pitres novateurs telles que l'étude des mouvements, la goniométrie ou encore l'innervation segmentaire.

En comparaison avec la première édition, il semble important de signaler que les auteurs ont abandonné l'anatomie latine internationale, dans la mesure où ils sont désireux de respecter la nomenclature actuelle (Federative Committee on Anatomical Terminology en 1998). Fidèle à leurs préceptes et à leur formation latine, ils ont néanmoins conservé une certaine terminologie classique qui constitue autant de clins d'œil aux grands noms de la mythologie : songeons au « triangle de scarpa » ou au « tendon d'Achille ». Quant à l'appellation « lombaire », elle est abandonnée, laissant place à la terminologie suivante : « vertèbre lombale » et « artère lombale ».

Les auteurs font preuve d'une minutie inégalée. Ainsi, les termes « sciatique » et « ischiatique », même s'ils signifient tous les deux « hanche », sont clairement différenciés. Le premier se réfère au qualificatif « ischiatique » avec notamment les branches ischiatiques, tubérosité ischiatique, etc., quand le second (ne se rapportant pas uniquement proprement à l'ischion) conserve un qualificatif plus large tel qu'épine ischiatique, nerf sciatique, etc.

Il est intéressant de mettre en évidence que dans l'anatomie de palpation, les rubriques « position du sujet » et « position de l'examinateur » sont notées de manière spécifique, afin de permettre une consultation rapide de ce traité et d'utiliser ses raccourcis.

Les auteurs sont également friands d'anecdotes, que seuls leurs anciens étudiants reconnaîtront et dont ils peuvent encore se délecter, voire se remémorer. Il est rare de retrouver cette particularité dans un livre d'anatomie, ce qui montre bien que cet ouvrage figure parmi les plus grands. Pour prendre un exemple, saviez-vous que le « muscle poplité est le seul muscle de l'organisme dont la direction est inversée : le corps musculaire prend son origine distalement, alors que ses insertions tendineuses sont proximales ? » (p. 207).

Enfin, quelques encadrés ornent également l'ouvrage, afin d'aiguiller le lecteur vers des éléments fondamentaux, des particularités anatomiques et pathologiques que l'on retrouve notamment dans les ouvrages de référence de Testut et Latarjet.

Le seul bémol à signaler est l'emploi du terme « tendinite » dont le « mythe » a été abandonné depuis 2001[1]. De surcroit, la plupart des photographies sont identiques à la première édition de 1993… ce qui constitue certainement un hommage à feu M. Francis Leurquin qui, pour reprendre les termes des auteurs, était « une des chevilles ouvrières de notre première édition », « une personne aux doigts d'or de la palpation ».

Cette nouvelle édition s'est donc inspirée des progrès considérables de l'imagerie médicale et, par conséquent, de la qualité et de la définition de cette approche du sujet du vivant. La conjonction de toutes ces disciplines aboutit à une lecture nouvelle et passionnante de l'anatomie, science pourtant tant redoutée par les étudiants.

1. Khan K.M., Cook, J.L., & Kannus, P. (2002). Time to abandon the "tendinitis" myth. *BMJ : British Medical Journal*, 324(7338), 626-627. doi:10.1136/bmj.324.7338.626.

Puisse le lecteur garder l'esprit vif et avide de découvertes, face aux beautés de l'anatomie humaine : tel est le vœu des auteurs de ce volume faisant partie d'une trilogie.

Olivier Carrillo
Kinésport

Puleo (Joe) - Milroy (Patrick), *Anatomie de la course à pied* / traduction de Renan Bain. – Louvain-la-Neuve : De Boeck supérieur, 2020. – 209 p. – 1 vol. broché de 17 × 24 cm. – 20,00 €. – isbn 978-2-8073-2837-2.

Ancien entraineur de course de fond et de course sur piste, Joe Puleo est un personnage aux multiples facettes puisqu'il a écrit un album de chansons en 2018 et publié un roman en 2019. Quant à Patrick Milroy, il a notamment été conseillé médical pour le *Runners World* pendant 25 ans. Médecin au service de nombreuses institutions médico-sportives, c'est également un coureur accompli. Déjà auteurs ensemble de *Course à pied : anatomie et mouvements*, Joe Puleo et Patrick Milroy n'en sont pas à leur première collaboration.

Avec cet ouvrage intitulé *Anatomie de la course à pied*, l'objectif avoué est « d'aider à courir de manière plus détendue et à diminuer la fréquence des blessures ou des douleurs liées à la pratique de la course » (p. x). Onze chapitres, précédés d'une préface fidèle au contenu, sont consacrés à cet objectif.

Le premier chapitre est dédié au *coureur en mouvement*. Son introduction nous rappelle que la course à pied n'est plus une nécessité, mais un loisir. Cela implique que nous ne sommes malheureusement plus toujours préparés à cette activité, ce qui peut avoir des conséquences néfastes pour le coureur en augmentant le risque de blessures. La priorité des auteurs est donc donnée à la programmation de l'entrainement et, plus encore, à la préparation physique du coureur. Les principes d'entrainement sont d'ailleurs spécifiquement abordés dans le deuxième chapitre, parfois avec une simplification outrancière qui rend toutefois l'ouvrage plus accessible. Certains mécanismes moins connus du grand public sont cependant, et de manière très intéressante, davantage détaillés comme la « théorie du gouverneur central » qui met en avant l'aspect neurologique de la fatigue. Ensuite, les auteurs réalisent, dans le troisième chapitre, un petit tour d'horizon non exhaustif des facteurs externes pouvant altérer les performances : chaleur et humidité, basses températures et surface de course. Comme pour les précédents chapitres, les auteurs illustrent leurs propos. Malheureusement, nous devons regretter certaines imprécisions qui feront tiquer le lecteur attentif. À titre d'exemple, nous pouvons lire que « la descente… sollicite plus les muscles antérieurs des mollets… » (p. 32) alors que la figure 3.2 met en évidence les muscles postérieurs du mollet (p. 33). Les trois premiers chapitres sont clairement destinés à démontrer l'importance générale d'un renforcement musculaire adéquat pour la pratique de la course à pied.

À partir de la page 37 et jusqu'à la page 148, l'ouvrage aborde ce renforcement par zone anatomique : les pieds et les chevilles (chap. 4), les cuisses et les jambes (chap. 5), le tronc (chap. 6) et, même, les épaules et les bras (chap. 7) et la poitrine et le dos (chap. 8). Ces cinq chapitres sont illustrés par de nombreux exercices. Pour chacun de ceux-ci, les

consignes d'exécution sont brièvement décrites, les muscles et tissus mous sollicités sont listés et enfin, l'intérêt que revêt l'exercice pour la course est mentionné. Les auteurs ont bien évidemment fait le choix, parfois discutable, de sélectionner les exercices à leurs yeux les plus pertinents. Certains ont peu d'intérêts pour le coureur, comme le renforcement des fléchisseurs et extenseurs du poignet présenté dans le chapitre 7 (p. 125), alors que d'autres auraient mérité de figurer dans ce livre. Ainsi, les auteurs mentionnent l'importance de la phase inspiratoire (p. 130), mais ne présentent aucun exercice spécifique pour l'améliorer. Quelques études ont pourtant précédemment mis en évidence qu'un travail spécifique des muscles inspiratoires pourrait s'avérer utile pour gagner en performance[1]. Quoi qu'il en soit, les praticiens apprécieront sans aucun doute la présentation de ces exercices, parfois accompagnée de variantes destinées aux coureurs plus fragiles : pour les athlètes souffrant du bas du dos, le *crunch* est ainsi présenté comme plus adapté que le relevé de buste (p. 102).

En accord avec l'objectif présenté, 28 pages sont ensuite consacrées à la prévention des blessures (chap. 9) et, plus spécifiquement, à celle des plus fréquemment observées : syndrome fémoro-patellaire, syndrome de la bandelette ilio-tibiale, gonarthrose… Ce chapitre est également illustré par une petite dizaine d'exercices qui permettront d'avoir très rapidement quelques outils à disposition. Sur le fond, le lecteur rigoureux risque de regretter que ni la plupart des grandes croyances à propos des blessures ni l'efficacité des exercices proposés ne soient scientifiquement questionnées. Prenons un exemple ! Les auteurs avancent que les blessures les plus fréquentes sont situées au niveau du bas du dos et du genou (p. 151). S'il est vrai que le genou accapare généralement la première place de ce triste classement, très peu de blessures sont diagnostiquées au niveau du dos chez les coureurs[2]. A contrario, les auteurs combattent tout de même les préjugés sur l'arthrose en indiquant que « des rumeurs disent que la course à pied accélère l'apparition de l'arthrose du genou, mais heureusement, cette théorie n'est pas vraie pour la plupart des coureurs de loisir » (p. 155). Et une fois n'est pas coutume, une référence scientifique vient appuyer ces propos ! Le livre se termine enfin par un chapitre sur les activités d'entrainement alternatif, incluant l'aquarunning, le tapis roulant antigravité et l'entrainement en altitude (chap. 10) et une description du matériel et des progrès techniques (chap. 11). Peu nuancé et documenté, ces deniers chapitres doivent être lus davantage comme un partage d'expérience ou un avis de praticiens sur des thématiques (le choix des chaussures par exemple) qui divisent très régulièrement les coureurs.

Ne vous trompez pas sur ce livre ! Avec un titre mentionnant le terme « anatomie », nous pourrions de prime abord nous attendre à un ouvrage détaillant avec beaucoup de précisions les structures mises en jeu lors de la course à pied. Il s'agit en fait plutôt, dans

1. Barnes, K. R., & Kilding, A. E. (2015). Running economy: measurement, norms, and determining factors. *Sports Medicine - Open*, 1(1), 8. doi: 10.1186/s40798-015-0007-y. Segizbaeva, M. O., Timofeev, N. N., Donina, Zh. A., Kur'yanovich, E. N., & Aleksandrova, N. P. (2015). Effects of inspiratory muscle training on resistance to fatigue of respiratory muscles during exhaustive exercise. Advances in Experimental Medicine and Biology, 840, 35-43. doi: 10.1007/5584_2014_20.
2. Taunton, J. E., Ryan, M. B., Clement, D. B., McKenzie, D. C., Lloyd-Smith, D. R., & Zumbo, B. D. (2002). A retrospective case-control analysis of 2002 running injuries. *British Journal of Sports Medicine*, 36 (2), 95-101. doi: 10.1136/bjsm.36.2.95.

l'essentiel de son contenu, d'un recueil d'exercices dédiés au renforcement musculaire du coureur incluant une brève description des structures mises en jeu. Vous ne trouverez par exemple aucune information à propos des insertions musculaires. Les descriptions anatomiques sont toujours présentées dans le cadre d'un renforcement musculaire. À la lecture, vous constaterez aussi que les références à la littérature scientifique sont très rares, ce qui en amènera certains à poser un regard assez critique sur les affirmations avancées. Toutefois, retenez que la force de cet ouvrage est ailleurs. Les exercices illustrés offrent de nombreuses possibilités au praticien. Il y a beaucoup à utiliser, il y a beaucoup à tester. Une table des exercices est d'ailleurs présentée en fin d'ouvrage (pp. 203-204), ce qui démontre toute l'importance accordée par les auteurs à ceux-ci. C'est précieux pour le praticien qui devrait être satisfait de disposer d'outils pour la prise en charge d'un patient coureur. À lui de garder un œil critique sur ce qu'il souhaite proposer !

Mikaël Scohier
Haute école Louvain-en-Hainaut

Sciences de l'homme

Bentolila (Alain), *Nous ne sommes pas des bonobos : créateurs et créatures*. – Paris : Éditions Odile Jacob, 2021. – 215 p. – 1 vol. broché de 14,5 × 22 cm. – 19,90 €. – isbn 978-2-7381-5507-8.

Ce livre est dû à la plume d'un linguiste, spécialiste de l'apprentissage du langage et de l'écriture. Il contient de nombreux jeux de mots, généralement judicieusement trouvés, et est agréable à lire. Mais son titre me paraît mal choisi. En effet, il reflète essentiellement le contenu du premier chapitre, qui se révèle justement le plus faible. L'auteur s'y aventure dans les domaines biologique et éthologique qu'il semble maîtriser moins bien que la linguistique. Il y profère des affirmations, qui me paraissent peu étayées ou en tout cas mal formulées, telles que : « L'idée selon laquelle il y aurait une sorte de continuité entre les capacités humaines et celles auxquelles peuvent prétendre les espèces animales les plus évoluées est devenue aujourd'hui politiquement correcte » (p. 18). Je pense qu'aucun biologiste ne met en doute, aujourd'hui, que le langage qu'ils qualifient d'« articulé » est le propre de l'homme actuel, sur toute la terre, et le distingue donc des autres êtres vivants. En revanche, les scientifiques estiment aussi que l'émergence de ce langage au sein du phylum humain a été progressive et que tous les intermédiaires ont existé au cours du temps. Par ailleurs, lorsque le linguiste écrit : « Le langage nous a élevés du statut de créatures à celui de créateurs », il semble oublier que le mot « créature » n'est pas utilisé en sciences, car il présuppose la croyance en un Créateur (p. 29). Et enfin, l'auteur affirme que le monde des bonobos est celui « où la loi du plus fort [...] est toujours la meilleure » (p. 44). Il ignore probablement que chez les bonobos[1] précisément, ce ne sont pas les plus forts, les mâles, qui dirigent, mais plutôt les vieilles femelles.

1. Cf. Hare, B., & Yamamoto, S. (ed.) (2017). *Bonobos : Unique in Mind, Brain and Behavior*. Oxford : Oxford University Press.

Par contre, c'est bien en tant que linguiste (chap. 2) que Bentolila formule une hypothèse personnelle, opposée à celle de Chomsky. Il considère, en effet, que l'apprentissage du langage par un enfant n'est pas programmé, de façon innée, mais est « le résultat de la volonté d'en découvrir les clés et les enjeux » (p. 48). Et il ajoute : « Comme pour les premiers constructeurs de langage, c'est la promesse d'un pouvoir accru sur le monde qui encourage les efforts d'un enfant pour en maîtriser les mécanismes » (p. 52).

Lorsqu'il évoque l'écriture (chap. 3), il ne s'embarrasse cependant pas de nuances ni de détails. Il insiste, par exemple, sur son développement et, selon moi, ne prend pas suffisamment en compte les conditions de son émergence en Mésopotamie, à savoir le souci de garder traces de transactions. Sa thèse est que c'est « l'appel à la spiritualité qui a suscité la création de l'écriture » (p. 88).

Ce qu'il dit de la lecture (chap. 4) me paraît plus convaincant : « Lire c'est apprendre à résister » (p. 97). Et il explique : « Lire, c'est construire son propre sens à partir des mots d'un autre et le défendre avec ses propres mots » (p. 121). Et Bentolila poursuit en laissant entrevoir ses convictions métaphysiques et en développant sa thèse précédente : selon lui, si un être humain « repousse l'illusion consolante d'un quelconque paradis, en acceptant la promesse de sa disparition, c'est parce qu'il aura forgé l'espoir de laisser, par la lecture et par l'écriture, quelque chose de lui-même qui lui survivra » (p. 128).

Et l'auteur en vient alors (chap. 5) à expliciter sa pensée par rapport aux religions révélées : il ne croit pas à la résurrection, mais bien à l'écriture (p. 131). Et il étaye encore sa thèse en affirmant : « Suivant un étrange paradoxe, les religions du livre célèbrent toutes un dieu qui, parce qu'immortel, jamais ne lut ni n'écrivit, l'écriture étant fille naturelle de la mortalité » (p. 133). Bien qu'appartenant à la communauté juive, Bentolila en appelle alors à une spiritualité laïque et ouverte, qui engage à « une élévation sans dogme » et à une interprétation libre et respectueuse des textes fondateurs, qu'ils soient religieux ou profanes (p. 146).

Pour finir, l'auteur reprend son étiquette de linguiste pour nous proposer trois derniers chapitres, que je considère comme la partie la plus intéressante du livre. Il fait l'éloge du langage en général et de la langue française en particulier (chap. 6). Passant en revue différentes langues, il signale notamment que « le lexique du français est sans aucun doute celui qui dévoile, avec le plus de clarté, les traces de classement et les indices de filiation qui [...] nous indiquent les liens de parenté et l'histoire des mots » (p. 153). L'auteur profite de son éloge pour en appeler à l'égalité linguistique en France. Il affirme en effet : « Seule une maîtrise partagée de la langue française peut permettre à tous les enfants de notre pays de ne considérer aucune différence comme infranchissable, [...], aucune appartenance comme un ghetto identitaire » (p. 166). Ensuite (chap. 7), il se focalise sur la pauvreté du langage des jeunes des « cités », langage « forgé dans et pour un contexte social rétréci où la connivence compense l'imprécision des mots » (p. 175). Et il lance un vibrant appel : « Seul le partage équitable d'un langage juste et puissant peut assurer la résistance à la manipulation, différer la violence et construire une intelligence collective fondée sur des principes universels » (p. 171). Et le linguiste achève son livre par un judicieux plaidoyer pour

la lecture et l'écriture, dans la lutte contre le danger actuel de « la dictature de l'image » et de « la perversion de l'écran » (p. 187).

Marie d'Udekem-Gevers
Université de Namur

Grimoult (Cédric), *L'évolution et les évolutionnistes de A à Z*. – Paris : Éditions ellipses, 2019. – 395 p. – 1 vol. broché de 16,5 × 24 cm. – 39,00 €. – isbn 978-2-340-02888-3.

Les théories explicatives de l'évolution, dont le noyau dur s'appuie sur les mutations chromosomiques et la sélection naturelle, ont été et restent en constant affinement et développement. Les recherches menées depuis le niveau des interactions moléculaires jusqu'à celui du comportement humain confirment la validité de la théorie synergique de l'évolution qui en représente la synthèse explicative la plus complète aujourd'hui. Cette théorie actualise et enrichit la théorie synthétique de l'évolution en montrant notamment qu'une sélection multipolaire s'exerce à tous les niveaux d'intégration du vivant depuis la molécule jusqu'à la biosphère.

L'auteur de ce dictionnaire intitulé *L'évolution et les évolutionnistes de A à Z* est docteur en histoire des sciences et professeur agrégé d'histoire. Sa thèse d'habilitation a été consacrée à l'évolutionnisme contemporain en France (1945-1995). Un intérêt majeur de ce livre écrit par un historien vient de ce qu'il situe bien les acquis évolutifs dans leur contexte scientifique et culturel. Il évite cet écueil contemporain fréquent qui est de porter des jugements sur des faits du passé en oubliant de les resituer dans leur époque.

Les notices de ce livre réfèrent, par ordre alphabétique, à la fois à des noms de scientifiques et à des thèmes qui concernent l'évolution. Elles expriment, de manière claire, en une ou quelques pages, l'apport du scientifique ou de la théorie. On y trouve les facteurs amenant à la transformation des espèces (causalités), la manière dont s'opère la dynamique évolutive du vivant (modalités) et le rythme auquel elle s'effectue (temporalités).

On prend conscience de l'existence d'une panoplie d'hypothèses et de théories qui se veulent explicatives des changements observés chez le vivant. Elles dépendent des acquis scientifiques et du contexte culturel propre à chaque chercheur. Pour chacun de ceux-ci, l'auteur exprime l'essentiel en peu de mots, ce qui reflète un excellent esprit de synthèse.

Parmi les thèmes abordés, la génétique prend évidemment une part belle sous ses différents aspects : sélection naturelle, sélection multipolaire, génétique du développement, génome et environnement…

Des thèmes importants comme celui de la sélection (pp. 319-327), du probabilisme (p. 292), de la spéciation (pp. 336-338), de la modularité de l'évolution (p. 249), de la théorie neutraliste de l'évolution moléculaire (pp. 264-265) sont traités de manière éclairante et nuancée. Il vaut la peine de s'y attarder.

Des liens, parfois scabreux, apparaissent chez certains auteurs, par exemple entre science et foi (p. 222), mais il y a aussi des aspects originaux comme le fait que Carl Linné a importé la culture de la rhubarbe en Suède.

Des personnages particulièrement marquants dans ce parcours sont présentés avec beaucoup de finesse. Mentionnons Charles Robert Darwin (pp. 84-91), Johann Gregor Mendel (pp. 245-246), Jacques Monod (pp. 250-251).

Je termine cette présentation en me référant à la notice intitulée : « Théorie synergique des sciences humaines » (pp. 358-360) développée depuis 1995. Elle donne une très bonne idée d'un élément important qui nourrit la démarche de l'auteur de ce livre-dictionnaire. La théorie synergique de l'évolution permet aussi d'expliquer la dynamique historique des phénomènes culturels à partir de concepts biologiques comme les mutations aléatoires et les pressions sélectives intervenant à différents niveaux d'intégration culturelle.

Bref, il s'agit d'un document de référence, bien utile pour, comme cela se dit, « mettre ses idées en place » par rapport aux nombreuses composantes que recouvre le terme d'évolution.

Pierre Devos
Université de Namur

Heyer (Évelyne), *L'odyssée des gènes : 7 millions d'années d'histoire de l'humanité révélées par l'ADN* / avec la collaboration de Xavier Müller. – Paris : Flammarion, 2020. – 388 p. – 1 vol. broché de 16 × 22 cm. – 22,90 €. – isbn 978-2-0814-2822-5.

Voici un livre passionnant. Il dévoile des résultats, souvent inattendus, fournis par une science nouvelle : l'anthropologie génétique. Il souligne, toutefois, deux limitations importantes de cette science. Premièrement, les données génétiques contemporaines ne permettent de retracer que l'histoire de nos ancêtres (et pas celles des individus et des groupes morts sans descendants actuels) (p. 54). Deuxièmement, l'ADN se détériore avec le temps : le plus ancien ADN, suffisamment bien conservé pour être analysé, date d'il y a 400 000 ans (p. 40). Par ailleurs, cet ouvrage donne des rudiments d'information nécessaires pour comprendre l'essence des méthodologies utilisées. Il est vrai cependant qu'une compréhension plus fine impliquerait beaucoup plus d'explications : ceci peut laisser le lecteur un peu frustré.

Son auteure, Évelyne Heyer, est professeure au Muséum national d'histoire naturelle à Paris. Elle est également une femme de terrain : elle a effectué de nombreuses missions chez les Pygmées et chez les peuples d'Asie centrale.

L'odyssée des gènes suit tout naturellement un ordre chronologique. Les deux premières parties rapportent, dans l'ensemble, des informations déjà largement diffusées. Je me contenterai d'épingler ici quelques éléments généralement moins connus. Ainsi, Heyer mentionne que l'Ève mitochondriale, c'est-à-dire l'ancêtre mitochondriale commun à tous les *sapiens* actuels, aurait entre 150 000 et 200 000 ans (pp. 45-46). L'auteure explique aussi que l'étude de l'ADN ancien a permis de montrer que les premiers *sapiens*, arrivés en Europe il y a environ 40 000 ans, vivaient en petites bandes (pp. 106-107) et avaient les yeux bleus (résultant d'une mutation datée de 40 000 ans) et la peau sombre, comme leurs ancêtres africains. Cette couleur foncée persista en tout cas jusqu'il y a 5 700 ans en Europe de l'Ouest (p. 111). La troisième partie est, selon moi, la plus originale et la plus

percutante. Elle signale notamment que l'analyse de l'ADN d'individus contemporains a montré que, 10 000 ans avant notre ère, au Proche-Orient, « c'est la croissance démographique qui a été le moteur de la domestication [néolithique] et non l'inverse ! » (p. 147). La génétique confirme aussi l'hypothèse archéologique selon laquelle, entre 6 000 et 3 000 avant notre ère, l'expansion progressive de l'agriculture en Europe accompagne un mouvement migratoire de populations venant d'Anatolie. Elle précise qu'il y a eu, non pas un remplacement des autochtones chasseurs-cueilleurs, mais bien un mélange avec les agriculteurs immigrants, à la peau claire, arrivant en couples (p. 174). Elle épingle le fait que le passage à l'élevage favorise la sélection d'une mutation permettant aux adultes de digérer le lait : c'est là un exemple d'impact de la culture sur la biologie, autrement dit d'évolution « bioculturelle » (p. 160). La génétique montre aussi que « nous ne sommes pas les descendants directs de ces agriculteurs d'il y a 7 000 ans » (p. 172). Il y eut, en effet, à l'âge du bronze (entre 3 000 et 1 000 avant notre ère), une deuxième vague migratoire, venant alors des bords de la mer Caspienne. Et, cette fois « ce sont surtout des hommes qui ont transmis leurs gènes, en Europe », à l'exception de la Sardaigne (p. 175).

La partie 4 concerne une période allant du IXe au XVIIIe siècle. Heyer y dégage certaines généralités telles que : « toute population humaine qui procède à une certaine endogamie, qu'elle repose sur la géographie, la langue, la religion ou tout autre trait culturel, va accumuler au cours des générations des singularités génétiques » (p. 219) ou encore : « de nombreuses populations humaines transmettent davantage leurs gènes par voie paternelle » (p. 241). Elle relève même une loi universelle : « sur l'ensemble de la planète, on trouve des différences génétiques plus marquées par les lignées paternelles du chromosome Y que par les lignées maternelles de l'ADN mitochondrial. Cela signifie que les femmes ont davantage bougé entre les populations humaines » (p. 250).

La partie 5 concerne le présent et l'avenir. L'auteure commence par expliquer le concept d'ancêtre « génétique » c'est-à-dire qui a transmis des gènes à ses descendants. Et elle dévoile des vérités qui sont souvent contre-intuitives. « Ainsi, un ancêtre [généalogique] à la 10e génération a une chance sur deux de ne rien avoir transmis à son descendant » (p. 286). Et selon un modèle de population assez simple, il est possible de calculer que « nous aurions tous un premier ancêtre généalogique qui vivait il y a 3 000 ans. Et nous aurions tous les mêmes ancêtres il y a 5 000 ans » (p. 284). Nous sommes donc « tous parents », en conclut avec force Heyer (p. 279). Et l'auteure poursuit en affirmant : « s'il est possible de regrouper les individus selon leur proximité génétique, le terme de "race" pour décrire ces groupes et la diversité de notre espèce est inapproprié » (p. 301). Et elle ajoute encore : « les travaux actuels de la génétique des populations montrent que [...] des pratiques culturelles jouent sur la diversité génétique. Une partie des différences génétiques entre les populations résultent de fait de pratiques culturelles comme l'endogamie, les règles de mariage, celles de la parenté. Ce ne sont pas les différences génétiques qui sont la cause de différences culturelles, mais l'inverse » (p. 307).

Dans sa conclusion, Heyer souligne le fait que « les sociétés les plus égalitaires sont aussi celles où les humains sont en meilleure santé » et elle nous incite à « penser notre futur en le fondant sur la coopération et l'équité » (pp. 343-344).

Je trouve que cet ouvrage mérite une très large diffusion. Et je partage pleinement le souhait de l'auteure que « le savoir des scientifiques puisse irriguer la société » (p. 375). Les informations nouvelles qu'apporte ce livre devraient même, selon moi, être enseignées dans toutes les universités du monde. Cela rejoindrait le souhait de Michel Serres lorsqu'il écrit : « Un tronc pédagogique commun qui réunirait, petit à petit, tous les hommes, en commençant par les étudiants, favoriserait l'avancée de la paix »[1].

Marie d'Udekem-Gevers
Université de Namur

1. M. Serres, *L'Incandescent*, 2003, Le Pommier, Paris, p. 407.

Ouvrages reçus à la rédaction

Abrégé de la physique de Mr Descartes / édité et essai d'attribution par Sylvain Matton ; présentation de Maria Teresa Bruno ; avec une étude de Simone Mazauric ; préface de Vincent Carraud. – Milan : Archè edizioni ; Paris : Seha, 2020. – lxxiv + 350 p. – (Anecdota : Collection de textes inédits pour servir à l'histoire des idées). – isbn 978-88-7252-393-3 (version électronique).

Étonnante chimie : découvertes et promesses du XXIe siècle / sous la direction de Claire-Marie Pradier ; coordonné par Francis Teyssandier et Olivier Parisel. – Paris : CNRS éditions, 2021. – 328 p. – 1 vol. broché de 16 × 21 cm. – 22,00 €. – isbn 978-2-271-13652-7.

Interpreting Mach : Critical Essays / edited by John Preston. – Cambridge : Cambridge University Press, 2021. – xii, 287 p. – 1 vol. relié de 15 × 23 cm. – 75,00 £. – isbn 978-1-108-47401-6.

Mathematical Communities in the Reconstruction After the Great War 1918-1928 : Trajectories and Institutions / edited by Laurent Mazliak et Rossana Tazzioli. – Bâle : Birkhäuser, 2021. – 379 p. – 1 vol. relié de 23×15,50 cm. – 105,99 €. – isbn 978-3-030-61682-3.

Philosophie de la biologie. – Vol. 1 : *Explication biologique, hérédité, développement* / textes réunis et introduits par Jean Gayon et Thomas Pradeu. – Paris : Librairie philosophique J. Vrin, 2020. – 442 p. – (Textes clés de la philosophie de la biologie). – 1 vol. broché de 11 × 18 cm. – 16,00 €. – isbn 978-2-7116-2936-7.

Philosophie de la biologie. – Vol. 2 : *Évolution, environnement, diversité biologique* / textes réunis et introduits par Jean Gayon et Thomas Pradeu. – Paris : Librairie philosophique J. Vrin, 2021. – 540 p. – (Textes clés de la philosophie de la biologie). – 1 vol. broché de 11 × 18 cm. – 16,00 €. – isbn 978-2-7116-2957-2.

Quelles sciences pour le monde à venir ? Face au dérèglement climatique et à la destruction de la biodiversité / présentation de Nicolas Hulot sous la direction de Alain Grandjean et de Thierry Libaert. – Paris : Éditions Odile Jacob, 2020. – 272 p. – 1 vol. broché de 14,50 × 22,00 cm. – 22,90 €. – isbn 978-2-7381-5351-7.

Rethinking Stevin, Stevin Rethinking : constructions of a Dutch polymath / edited by Karel Davids, Fokko Jan Dijksterhuis, Rienk Vermij and Ida Stamhuis. – Leyde : Brill, 2020. – 274 p. – (Nuncius series, 6). – 1 vol. relié de 16 × 24 cm. – 129,00 €. – isbn 978-90-04-43290-1.

The Body of Evidence : Corpses and Proofs in Early Modern European Medicine / edited by Francesco Paolo de Ceglia. – Leyde : Brill, 2020. – 364 p. – (Medieval and Early Modern Philosophy and Science, 30). – 1 vol. relié de 16 × 24 cm. – 154,00 €. – isbn 978-90-04-28482-1.

The History of Continua : Philosophical and Mathematical Perspectives / édité par Stewart Shapiro et Geoffrey Hellman. – New-York : Oxford University Press, 2021. – 577 p. – 1 vol. broché de 16 × 24 cm. – isbn 978-0-19-880964-7.

The Normativity of Formal Orders and Procedures in Antiquity : A comparison of Mathematical and Legal Systems / édité par Daliah Bawanypeck, Annette Imhausen et Guido Pfeifer. – Münster : Ugarit Verlag, 2021. – 325 p. – 1 vol. relié de 17 × 24 cm. – 98,00 €. – isbn 978-3-86835-284-9.

The Origins of Sciences in China : History of Science and Technology in China / edited by Xiaoyuan Jiang. – Singapour (Shanghai) : Springer ; Shanghai Jiao Tong University Press, 2021. – x, 962 p. – (History of Science and Technology in China ; 1). – isbn 978-981-15-7854-0 (version électronique).

The Routledge Companion to Philosophy of Physics / edited by Eleanor Knox and Alastair Wilson. – London : Routledge, 2021. – xiv, 768 p. – 35,99 £. – isbn 978-1-315-62381-8 (version électronique).

The Routledge Handbook of Emergence / edited by Sophie Gibb, Robin Findlay Hendry and Tom Lancaster. – London : Routledge, 2021. – xiv, 420 p. – 35,99 £. – isbn 978-1-315-67521-3 (version électronique).

The Science and the Myth of Galileo : between the Seventeenth and Nineteenth Centuries in Europe. Proceedings of the International Conference Florence, Museo Galileo, 29-31 January 2020 / edited by Massimo Bucciantini. – Firenze : Olschki, 2021. – 505 p. – (Biblioteca di « Galilaeana » ; 10). – 1 vol. relié de 17 × 24 cm. – 49,40 €. – isbn 978-88-222-6740-5.

The Studies of Heaven and Earth in Ancient China / edited by Xiaoyuan Jiang. – Cham : Springer Nature Switzerland, 2021. – vii, 521 p. – (History of Science and Technology in China ; 2). – 319,93 €. – isbn 978-981-15-7842-7 (version électronique).

What is a Chemical Element ? A Collection of Essays by Chemists, Philosophers, Historians, and Educators / edited by Eric Scerri and Elena Ghibaudi. – Oxford University Press, 2020. – ix, 296 p. – 1 vol. relié de 16 × 24 cm. – 60,49 €. – isbn 978-0-19-093378-4.

Al-Khalili (Jim), *The World According to Physics*. – Princeton : Princeton University Press, 2020. – 313 p. – 1 vol. relié de 12,00 × 18,50 cm. – 15,95 $. – isbn 978-0-691-18230-8.

Askeland (Donald R.) - Wright (Wendelin J.), *Science et génie des matériaux* / traduit et adapté par Nicole R. Demarquette et Ricardo J. Zednik . – Cachan : Lavoisier, 2020. – xiv + 493 p. – 1 vol. broché de 21,5 × 27,5 cm. – isbn 978-2-7430-2556-4.

Aubin (David), *Femmes, vulgarisation et pratique des sciences au siècle des Lumières. Les Dialogues sur l'astronomie et la Lettre sur la figure de la Terre de César-François Cassini de Thury*. – Turnhout : Brepols, 2020. – 310 p. – (Techne. Savoir, technique et culture matérielle). – 1 vol. relié de 16 × 24 cm. – 65,00 €. – isbn 978-2-503-58603-8.

Banchetti-Robino (Marina Paola), *The Chemical Philosophy of Robert Boyle : Mechanicism, Chymical Atoms, and Emergence*. – New-York : Oxford University Press, 2020. – x + 196 p. – 1 vol. relié de 16 × 24 cm. – isbn 978-0-19-750250-1.

Barrette (Cyrille), *La vraie nature de la bête humaine : carnet d'un biologiste*. – Montréal : Éditions Multi Mondes, 2020. – 318 p. – isbn 978-2-89773-171-7 (version électronique).

Belkora (Leila), *Minding the Heavens : The Story of our Discovery of the Milky Way*. – Boca Raton (USA) : CRC Press, 2021. – 274 p. – 31,49 €. – isbn 978-03-67815-936. (version électronique).

Benoit (Serge), *D'eau et de feu : forges et énergie hydraulique XVIIIe-XXe siècle. Une histoire singulière de l'industrialisation française* / textes réunis par Stéphane Blond ; coordonné par Nicolas Hatzfeld ; préface de Denis Woronoff et Gérard Emptoz ; avant-propos de Stéphane Blond ; postface de Liliane Hilaire-Pérez et François Jarrige. – Rennes : Presses universitaires de Rennes, 2020. – 456 p. – (Histoire). – 1 vol. broché de 16,50 × 24,00 cm. – 35,00 €. – isbn 978-2-7535-7889-0.

Bentolila (Alain), *Nous ne sommes pas des bonobos : créateurs et créatures*. – Paris : Éditions Odile Jacob, 2021. – 215 p. – 1 vol. broché de 14,5 × 22 cm. – 19,90 €. – isbn 978-2-7381-5507-8.

Bergson Lendja Ngemzue (Ange), *La question cosmologique : Platon, Lemaître et l'origine de l'Univers*. – Paris : L'Harmattan, 2021. – 243 p. – (Ouverture philosophique, série Bibliothèque). – 1 vol. broché de 16 × 24 cm. – 26,00 €. – isbn 978-2-343-22473-2.

Bert (Jean-François) - Lamy (Jérôme), *Voir les savoirs : lieux, objets et gestes de la science*. – Paris : Éditions Anamosa, 2021. – 432 p. – 1 vol. broché de 17 × 22 cm. – 25,00 €. – isbn 978-2-38191-030-7.

Berthier (Serge), *L'éveil du morpho* / avec la collaboration de Xavier Muller ; illustrations de Valentine Plessy. – Paris : Flammarion, 2021. – 287 p. – 1 vol. broché de 14,5 × 22 cm. – 21,90 €. – isbn 978-2-0802-4426-0.

Biémont (Émile), *Du corpuscule imaginé au corpuscule observé : une brève histoire de l'atome*. – Bruxelles : Académie royale de Belgique, 2020. – 144 p. – 1 vol. broché de 17 × 24 cm. – isbn 978-2-8031-0747-6.

Blay (Michel), *A vif : penser la vie au-delà du concept*. – Paris : Les belles lettres, 2021. – 83 p. – (Encre marine). – 1 vol. broché de 16 × 22 cm. – 19,00 €. – isbn 978-2-35088-190-4.

Blay (Michel) – Euvé (François), *Dialogue sur l'histoire, la religion et les sciences*. – Paris : CNRS éditions, 2019. – 86 p. – 1 vol. broché de 14 × 20,5 cm. – 15,00 €. – isbn 978-2-271-12948-2.

Braverman (Charles), *Kant, épistémologue français du XIX*e *siècle : réalisme et rationalisme chez les savants*. – Paris : Classiques Garnier, 2020. – 534 p. – (Histoire et philosophie des sciences ; 23). – 1 vol. broché de 15 × 22 cm. – 46,00 €. – isbn 978-2-406-09651-1.

Bretto (Alain), *Intelligence artificielle : la réalité et le mythe. Ébauche d'une théorie générale de l'intelligence artificielle*. – Gap : Désiris, 2021. – 119 p. – 1 vol. broché de 14 × 22 cm. – 10,00 €. – isbn 978-2-36403-200-2.

Bricmont (Jean), *Comprendre la physique quantique*. – Paris : Éditions Odile Jacob, 2020. – 319 p. – 1 vol. broché de 15,50 × 24,00 cm. – 24,90 €. – isbn 978-2-7381-4964-0.

Carnap (Rudolph), *Les fondements philosophiques de la physique : une introduction à la philosophie des sciences* / traduit par Jean-Mathieu Luccioni et Antonia Soulez ; avant-propos d'Antonia Soulez. – Paris : Librairie philosophique J. Vrin, 2020. – 333 p. – (Mathesis). – 1 vol. broché de 13,5 × 21 cm. – 34,00 €. – isbn 978-2-7116-2876-6.

Carroll (Sean), *Le grand tout : sur l'origine de la vie, son sens et l'univers lui-même* / traduit par Nathalie Bédrin et Vincent Faye. – Lausanne : Quanto (Presses polytechniques et universitaires romandes), 2018. – 608 p. – 1 vol. broché de 14 × 20,5 cm. – 22,00 €. – isbn 978-2-88915-254-4.

Coeckelbergh (Mark), *AI Ethics*. – Cambridge (USA) : MIT Press, 2020. – 248 p. – (The Mit Press Essential Knowledge Series). – 1 vol. broché de 12,5 × 18 cm. – 15,95 $ US. – isbn 978-0-262-53819-0.

Connes (Pierre), *History of the Plurality of Worlds : The Myths of Extraterrestrials Through the Ages*. – Cham : Springer Nature Switzerland, 2020. – xiii, 406 p. – 1 vol. électronique. – 85,59 €. – isbn 978-3-030-41448-1.

Corbechon (Jean), *Le XVI*e *livre des pierres, des couleurs et des métaulx : traduction du livre XVI du « De proprietatibus rerum » de Bartholomaeus Anglicus* / édité par Françoise Fery-Hue ; préface de Joëlle Ducos et Françoise Fery-Hue. – Paris : Honoré Champion éditeur, 2021. – CLXXVIII + 179 p. – 1 vol. broché de 11 × 17,5 cm. – 48,00 €. – isbn 978-2-7453-5523-2.

Cossart (Pascale) - Hyber (Fabrice), *Le monde invisible du vivant : bactéries, archées, levures, champignons, algues, protozoaires et… virus*. – Paris : Éditions Odile Jacob, 2021. – 192 p. – 1 vol. broché de 18 × 25 cm. – 23,90 €. – isbn 978-2-7381-5519-1.

Courant (Elsa), *Poésie et cosmologie dans la seconde moitié du XIX*e *siècle : nouvelle mythologie de la nuit à l'ère du positivisme*. – Genève : Librairie Droz, 2020. – 808 p. – 1 vol. broché de 15 × 22 cm. – 46,45 €. – isbn 978-2-600-06026-4.

Dehaene (Stanislas), *Face à face avec son cerveau*. – Paris : Éditions Odile Jacob, 2021. – 216 p. – 1 vol. broché de 25 × 18,5 cm. – 23,90 €. – isbn 978-2-7381-5702-7.

De Pace (Anna), *Galileo lettore di Copernico*. – Firenze : Olschki, 2020. – XLII + 638 p. – 1 vol. broché de 17 × 24 cm. – 50,00 €. – isbn 978-8822267115.

Dhombres (Jean) - Guedj (Dominique) - Jutrin (Monique) - Karsenti (Bruno) - Nicolas (Serge) - Valensi (Michel) - Fondane (Benjamin), *Pensée pré-logique, logiques nouvelles et Pentateuque : Fondane lecteur de Lévy-Bruhl* / contributions de Jean Dhombres, Dominique Guedj, Monique Jutrin, Bruno Karsenti, Serge Nicolas et Michel Valensi suivies de notes inédites de Benjamin Fondane. – Paris : éditions de l'éclat, 2021. – 123 p. – 1 vol. broché de 12,5 × 19 cm. – 12,00 €. – isbn 978-2-84162-505-5.

Downes (Stephen M.), *Models and Modeling in the Sciences : A philosophical Introduction*. – Londres : Routledge, 2020. – IX + 104 p. – isbn 978-1-315-64745-6 (version électronique).

Dunn (Michael) - Hope (Tony), *Medical Ethics : A Very Short Introduction*. – New-York : Oxford University Press, 2018. – XIX + 148 p. – 1 vol. broché de 11 × 17,5 cm. – 11,95 $ US. – isbn 978-0-19-881560-0.

El Khiari (Isabelle), *Pour un patient au cœur du soin. Les méthodes complémentaires à l'hôpital : quand l'aromathérapie, la réflexologie ou la relaxation vient en appui de la chimie* / avec la collaboration d'Ariane Puccini. – Paris : Fayard, 2021. – 304 p. – 1 vol. broché de 13,5 × 21 cm. – 19,00 €. – isbn 978-2-213-71025-9.

Euvé (François), *Théologie de l'écologie : une Création à partager*. – Paris : Salvator, 2021. – 202 p. – 1 vol. broché de 14,5 × 22 cm. – 20,00 €. – isbn 978-2-7067-2038-3.

Fibonacci (Leonardi Bigolli Pisani vulgo), *Liber Abbaci*. – Firenze : Olschki, 2020. – CXVIII + 824 p. – 1 vol. relié de 17 x 24 cm. – 300,00 €. – isbn 978-8822266583.

Finocchiaro (Maurice A.), *Science, Method, and Argument in Galileo : Philosophical, Historical, and Historiographical Essays*. – Cham : Springer Nature Switzerland, 2021. – XXIX, 475 p. – (Argumentation Library ; 40). – 93,08 €. – isbn 978-3-030-77147-8 (version électronique).

Gavin (Jérôme) - Schärlig (Alain), *Et l'algèbre fut : de l'al-jabr au 9e siècle au signe égal en 1557*. – Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, 2020. – 168 p. – 1 vol. broché de 16 × 24 cm. – isbn 978-2-88915-400-5.

Gelis (François), *Problems in Quantum Field Theory with Fully-Worked Solutions*. – Cambridge : Cambridge University Press, 2021. – XIII, 357 p. – 1 vol. broché de 17 × 25 cm. – 39,99 £. – isbn 978-1-108-97235-2.

Giacomotto-Charra (Violaine) - Nony (Sylvie), *La terre plate : généalogie d'une idée fausse*. – Paris : Les belles lettres, 2021. – 278 p. – 1 vol. broché de 12,50 × 19 cm. – 17,50 €. – isbn 978-2-251-45223-4.

Haroche (Serge), *La Lumière révélée : de la lunette de Galilée à l'étrangeté quantique*. – Paris : Éditions Odile Jacob, 2020. – 507 p. – 1 vol. broché de 15,50 × 24,00 cm. – 23,90 €. – isbn 978-2-7381-5171-1.

Hartle (James B.), *Gravity : An Introduction to Einstein's General Relativity*. – Cambridge : Cambridge University Press, 2021. – xxii, 582 p. – 1 vol. relié de 19,5 × 24 cm. – 44,99 £. – isbn 978-1-316-51754-3.

Heilbron (John L.), *The Ghost of Galileo : In a forgotten painting from the English Civil War*. – Oxford : Oxford University Press, 2021. – 528 p. – 1 vol. relié de 23,00 × 15,50 cm. – isbn 978-0-1988-6130-0.

Hervé (Maxime), *Systématique animale d'Aristote aux phylogénies moléculaires : histoire, concepts et méthodes de la classification*. – Louvain-la-Neuve : De Boeck supérieur, 2020. – 140 p. – 1 vol. broché de 17 × 24 cm. – 20,00 €. – isbn 978-2-8073-2995-9.

Hewitt (Paul), *Physique conceptuelle* / traduit par Mohamed Ayadim. – Louvain-la-Neuve : De Boeck supérieur, 2020. – 840 p. – 1 vol. broché de 21,5 × 27 cm. – isbn 978-2-8073-0703-2.

Heyer (Évelyne), *L'odyssée des gènes : 7 millions d'années d'histoire de l'humanité révélées par l'ADN* / avec la collaboration de Xavier Müller. – Paris : Flammarion, 2020. – 388 p. – 1 vol. broché de 16 × 22 cm. – 22,90 €. – isbn 978-2-0814-2822-5.

Houzel (Christian) - Nordon (Didier) - Roudier (Henri) - Szczeciniarz (Jean-Jacques) - Renou (Xavier-Francaire), *Pour Cavaillès* / texte édité par Emmanuel Lesigne ; avant-propos de Xavier-Francaire Renou. – [s.l.] : Pont 9, 2021. – 430 p. – 1 vol. broché de 17×24,50 cm. – 29,90 €. – isbn 979-10-96310-70-8.

Ide (Pascal), *Les 4 sens de la nature : de l'émerveillement à l'espérance : pour une écologie enracinée dans la grande histoire de la création*. – Paris : Éditions Emmanuel, 2020. – 314 p. – 1 vol. broché de 15 × 22 cm. – 19,00 €. – isbn 978-2-35389-761-2.

Ivanova (Milena), *Duhem and Holism*. – Cambridge : Cambridge University Press, 2021. – 63 p. – (Cambridge Elements : Elements in the Philosophy of Science). – 1 vol. broché de 15 × 23 cm. – isbn 978-1-009-00133-5.

Jullien (Vincent), *Ce que peuvent les sciences : une enquête* / préface de Marco Panza. – Paris : Éditions matériologiques, 2020. – 318 p. – (Sciences & philosophie). – 1 vol. broché de 16,50 × 24,00 cm. – 28,00 €. – isbn 978-2-37361-241-7.

Kenney (W. Larry) - Wilmore (Jack H.) - Costill (David L.), *Physiologie du sport et de l'exercice* / traduit par Arlette et Paul Delamarche, Carole Groussard et Hassane Zouhal. – 7e édition. – Louvain-la-Neuve : De Boeck supérieur, 2021. – xviii + 622 p. – 1 vol. broché de 21 × 27 cm. – isbn 978-2-8073-2621-7.

Kojève (Alexandre), *L'origine chrétienne de la science moderne, précédé de « Mathématiques et Incarnation »* / par Julien Copin. – Paris : Hermann éditeurs, 2021. – 107 p. – 1 vol. broché de 14 × 21 cm. – 18,50 €. – isbn 979-1-0370-0372-0.

Kotkin (G. L.) - Serbo (V. G.), *Exploring Classical Mechanics : A Collection of 350+ Solved Problems for Students, Lecturers, and Researchers*. – New-York : Oxford University Press, 2020. – ix, 380 p. – 1 vol. broché de 17 × 24,5 cm. – isbn 978-0-19-885379-4.

Kox (A. J.) - Schatz (H. F.), *A Living Work of Art : The Life and Science of Hendrik Antoon Lorentz*. – New-York : Oxford University Press, 2021. – 281 p. – 1 vol. broché de 16 × 24 cm. – isbn 978-0-19-887050-0.

Kragh (Helge), *Between The Earth and the Heavens : Historical Studies in the Physical Sciences*. – Londres : World Scientific, 2021. – xi + 396 p. – (History of Modern Physical Sciences ; 5). – 1 vol. broché de 16 × 23,5 cm. – isbn 978-1-78634-984-2.

Lechermeier (Gilbert), *Le vivant : la singularité et l'universel* / préface de Michel Morange ; postface de Thomas Heams. – Paris : Éditions Matériologiques, 2019. – 370 p. – (Sciences & philosophie). – 1 vol. broché de 16,5 × 24 cm. – 26 €. – isbn 978-2-37361-204-2.

Lemaître (Georges), *La naissance du big bang*. – Québec : PUL, 2020. – 261 p. – (Réminiscences). – 1 vol. broché de 11 × 18 cm. – 15,95 $. – isbn 978-2-7637-4839-9.

Lemaître (Georges), *Learning the Physics of Einstein with Georges Lemaître : Before the Big Bang Theory* / editors : Jan Govaerts and Jean-François Stoffel ; translated by Christine Leroy and Stephen Lyle. – Cham : Springer International Publishing, 2019. – xiv + 257 p. – 1 vol. relié de 16 × 24 cm. – 84,79 €. – isbn 978-3-030-22029-7.

Lemaître (Georges), *L'ipotesi dell'atomo primitivo : saggio di cosmogonia* / traduzione e introduzione di Mauro Stenico. – Trento : Fondazione museo storico del Trentino, 2019. – 243 p. – (Passati Presenti, 5). – 1 vol. broché de 11,5 × 19,5 cm. – 15,00 €. – isbn 978-88-7197-249-7.

Lepeltier (Thomas), *L'Univers existe-t-il ?*. – Paris : Presses universitaires de France, 2021. – 168 p. – 1 vol. broché de 12,50 × 19,00 cm. – 18,00 €. – isbn 978-2-13-065296-0.

Le Ru (Véronique), *Émilie du Châtelet philosophe*. – Paris : Classiques Garnier, 2019. – 208 p. – (Les anciens et les modernes - études de philosophie, 38). – 1 vol. broché de 15 × 22 cm. – 29,00 €. – isbn 978-2-406-08792-2.

Lévêque (Christian), *Quelles rivières pour demain ? Réflexions sur l'écologie et la restauration des cours d'eau*. – Versailles : Éditions Quae, 2021. – 288 p. – 1 vol. relié de 16 × 24 cm. – 36,00 €. – isbn 978-2-7592-3319-9.

Livingston (John W.), *The Rise of Science in Islam and the West : From Shared Heritage to Parting of the Ways, 8th to 19th Centuries*. – London : Routledge, 2018. – 519 p. – 29,59 £. – isbn 978-0367349424 (version électronique).

Lobry (Claude), *Qu'est-ce que le « pic » d'une épidémie et comment le contrôler ?* / préface de Nicolas Bouleau. – Paris : Cassini / Spartacus-IDH, 2021. – 234 p. – (Le Sel et le Fer). – 1 vol. broché de 12,5 × 19 cm. – 14,00 €. – isbn 978-2-84225-275-5.

Louryan (Stéphane), *L'homme : origine, unicité, diversité*. – Bruxelles : Académie royale de Belgique, 2019. – 112 p. – (L'Académie en poche, 123). – 1 vol. broché de 11 × 18 cm. – 7,00 €. – isbn 978-2-8031-0685-1.

Malpangotto (Michela), *Theoricae novae planetarium Georgii Peurbachii : dans l'histoire de l'astronomie*. – Paris : CNRS éditions, 2021. – 752 p. – 1 vol. broché de 15 × 23,5 cm. – isbn 978-2-271-13458-5.

Manin (Yuri), *Les mathématiques comme métaphore : essais choisis* / traduit par Claire Vajou ; préface de Freeman J. Dyson ; postface de Pierre Lochak. – Paris : Les belles lettres, 2021. – 598 p. – (L'âne d'or). – 1 vol. broché de 15 × 21,50 cm. – 27,50 €. – isbn 978-2-251-45172-5.

Many (Marie-Christine) - de Jesus Silva (Gaelle), *Exercices de diagnostic histologique : à la recherche des tissus dans des préparations microscopiques*. – Louvain-la-Neuve : De Boeck supérieur, 2020. – 176 p. – 1 vol. broché de 21 × 29,50 cm. – isbn 978-2-8073-2826-6.

Marchildon (Louis), *From Thales to Gravitational Waves : The Scientific Perspective*. – World Scientific, 2021. – 168 p. – isbn 978-981-123-119-3 (version électronique).

Mee (Nicholas), *Celestial Tapestry : the Warp and Weft of Art and Mathematics*. – Oxford : Oxford University Press, 2020. – 325 p. – 1 vol. broché de 20 × 13 cm. – £ 16,99. – isbn 978-0-19-885195-0.

Mehl (Edouard), *Descartes et la fabrique du monde : le problème cosmologique de Copernic à Descartes*. – Paris : Presses universitaires de France, 2019. – 432 p. – (Épiméthée : essais philosophiques). – 1 vol. broché de 15 × 22 cm. – 35,00 €. – isbn 978-2-13-080065-1.

Mitchell (Sam), *Fault-tracing Against Quine-Duhem : A Defense of the Objectivity of Scientific Justification*. – Berlin : De Gruyter, 2020. – 224 p. – (Epistemic Studies). – 1 vol. relié de 23,00 × 15,50 cm. – 84,95 €. – isbn 978-3-11-068499-5.

Mitton (Jacqueline) - Mitton (Simon), *Vera Rubin : A Life* / avant-propos de Jocelyn Bell Burnell. – Harvard University Press, 2021. – 320 p. – 1 vol. relié. – 29,95 $. – isbn 978-0-6749-1919-8.

Moussard (Christian), *La biochimie en 250 schémas commentés et en couleurs* / préface de Alain Pugin. – Louvain-la-Neuve : De Boeck supérieur, 2019. – 146 p. – 1 vol. broché de 21,50 × 27,50 cm. – 19,00 €. – isbn 978-2-8073-2194-6.

Nazé (Yaël), *Astronomie de l'étrange : individus singuliers, objets bizarres, idées insolites*. – Paris : Éditions Belin, 2021. – 373 p. – 1 vol. broché de 15 × 22 cm. – 24,00 €. – isbn 978-2-410-01629-1.

Newton (Isaac), *The Mathematical Principles of Natural Philosophy* / traduit et annoté par C. R. Leedham-Green. – Cambridge : Cambridge University Press, 2021. – xlvi + 743 p. – 1 vol. relié de 21 × 26 cm. – isbn 978-1-107-02065-8.

Nicole Oresme, *Questiones in Meteorologica de ultima lectura, recensio parisiensis : Study of the Manuscript Tradition and Critical Edition of Books I-II.10* / edited by Aurora Panzica. – Leyde : Brill, 2021. – vii, 290 p. – (Medieval and Early Modern Philosophy and Science ; 32). – 1 vol. relié de 16 × 24 cm. – 125,00 €. – isbn 978-90-04-46140-6.

Nicolle (Jean-Marie), *Le laboratoire mathématique de Nicolas de Cues*. – Paris : Éditions Beauchesne, 2020. – 226 p. – (Le grenier à sel). – 1 vol. broché de 13,50 × 21,50 cm. – 19,00 €. – isbn 978-2-7010-2274-1.

Nouvel (Pascal), *Avant toutes choses : enquête sur les discours d'origine*. – Paris : CNRS éditions, 2020. – 432 p. – 1 vol. broché de 15 × 23 cm. – 26,00 €. – isbn 978-2-271-12252-0.

Ory (Michel), *Chasseur de comètes : la quête de nos origines*. – Louvain-la-Neuve : De Boeck supérieur, 2021. – xvii + 168 p. – 1 vol. broché de 15 × 21 cm. – isbn 978-2-8073-3490-8.

Otte (Marcel), *Sommes-nous si différents des hommes préhistoriques ? Pour une nouvelle alliance avec la nature*. – Paris : Éditions Odile Jacob, 2020. – 242 p. – 24,90 €. – isbn 978-2-7381-5188-9.

Pallot (Adrien) - Davergne (Thomas) - Gallois (Marion) - Guémann (Matthieu) - Martin (Sébastien) - Morichon (Aurélie) - Osinski (Thomas) - Raynal (Guillaume) - Rostagno (Stephan), *Evidence Based Practice en rééducation : démarche pour une pratique raisonnée* / préfaces de Jacques Vaillant et Frédéric Parpeix. – Issy les Moulineaux : Elsevier Masson, 2019. – 396 p. – 1 vol. broché de 21 × 27 cm. – 37,00 €. – isbn 978-2-294-76346-5.

Paugy (Didier) - Lévêque (Christian), *Le lac Victoria : un écosystème bouleversé par l'Homme*. – Paris : Éditions des archives contemporaines ; Marseille : Institut de recherche pour le développement, 2018. – 274 p. – 1 vol. électronique. – 7,99 €. – isbn 978-2-7099-2649-2.

Peebles (P. J. E.), *Cosmology's Century : an Inside History of Our Modern Understanding of the Universe*. – Princeton ; Woodstock : Princeton University Press, 2019. – xi + 406 p. – 1 vol. broché de 16,5 × 24,5 cm et 1 vol. électronique. – $ 35,00. – isbn 978-0-691-19602-2 (version papier) et 978-0-691-20166-5 (version électronique).

Penchèvre (Erwan), *Histoire de l'élimination algébrique*. – Paris : Classiques Garnier, 2021. – 564 p. – (Histoire et philosophie des sciences ; 25). – 1 vol. broché de 15 × 22 cm. – 49,00 €. – isbn 978-2-406-10591-6.

Pessiglione (Mathias), *Les vacances de Momo Sapiens : notre cerveau, entre raison et déraison*. – Paris : Éditions Odile Jacob, 2021. – 325 p. – 1 vol. broché de 14,5 × 22 cm. – 23,90 €. – isbn 978-2-7381-5174-2.

Peterson (Michael L.) - Venema (Dennis R.), *Biology, Religion and Philosophy : An Introduction*. – Cambridge : Cambridge University Press, 2021. – 285 p. – 1 vol. broché de 17 × 24,5 cm. – 19,99 £. – isbn 978-1-107-66784-6.

Petrignani (Bianca) - Clavarino (Giovanna) - Lemaitre (Bruno), *Immunologie-Exercices : qcm, questions de cours et problèmes résolus*. – Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, 2020. – 304 p. – 1 vol. broché de 16 × 24 cm. – 39,85 €. – isbn 978-2-88915-361-9.

Pinault (Michel), *Noël Bernard (1874-1911) : du maître des orchidées au pionnier de la symbiose végétale*. – Paris : L'Harmattan, 2021. – 461 p. – 1 vol. broché de 15,5 × 24 cm. – 35,00 €. – isbn 978-2-343-22642-2.

Piot (Yann), *Jean-Antoine Nollet, artisan expérimentateur : un discours technique au XVIIIe siècle*. – Paris : Classiques Garnier, 2019. – 344 p. – (L'Europe des lumières, 58). – 1 vol. broché de 15 × 22 cm. – 39,00 €. – isbn 978-2-406-07930-9.

Pratt (Charlotte) - Cornely (Kathleen), *Biochimie* / traduction de la 4e édition américaine de Lionel Domenjoud. – 2e édition. – Louvain-la-Neuve : De Boeck Supérieur, 2019. – xvi + [706] p. – 1 vol. broché de 27,5 × 21,0 cm. – 59,00 €. – isbn 978-2-8073-1312-5.

Puleo (Joe) - Milroy (Patrick), *anatomie de la course à pied* / traduit par Renan Bain. – Louvain-la-Neuve : De Boeck supérieur, 2020. – 209 p. – 1 vol. broché de 17 × 24 cm. – isbn 978-2-8073-2837-2.

Rahaman (Farook), *The General Theory of Relativity : A mathematical approach*. – Cambridge : Cambridge University Press, 2021. – xxi + 404 p. – 1 vol. relié de 18,5 × 24,50 cm. – isbn 978-1-108-83799-6.

Ravez (Laurent), *Introduction à l'éthique de la santé publique*. – Montpellier : Sauramps médical, 2020. – 262 p. – 1 vol. broché de 15,5 × 21 cm. – 30,00 €. – isbn 979-1-030-30270-7.

Rax (Jean-Marcel), *Mécanique analytique : adiabaticité, résonances, chaos*. – Malakoff : Dunod, 2020. – viii + 262 p. – 1 vol. broché de 17 × 24 cm. – isbn 978-2-10-079501-7.

Richard (Jean-Marc), *Introduction à la physique des hadrons : symétrie, structure et dynamique*. – Les Ulis : edp sciences, 2021. – vii + 314 p. – (New Frontiers in nuclear physics). – 1 vol. broché de 16 × 24 cm. – 49,00 €. – isbn 978-2-7598-2215-7.

Riche (Denis), *Comment le microbiote gouverne notre cerveau : le cerveau, un deuxième intestin* / avec la collaboration de Jihad Tanios. – Louvain-la-Neuve : De Boeck supérieur, 2021. – xiii, 254 p. – 1 vol. broché de 15 × 22 cm. – 25,00 €. – isbn 978-2-8073-2997-3.

Riopelle (Christopher) - Szczerski (Andrzej) - Gingerich (Owen), *Conversations with God : Jan Matejko's Copernicus*. – London : National Gallery Company (distributed by Yale University Press), 2021. – 64 p. – 1 vol. broché de 23 × 27 cm. – $16.99. – isbn 978-1-85709-669-9.

Romeiras (Francisco Malta), *Jesuits and the Book of Nature : Science and Education in Modern Portugal*. – Leyde : Brill, 2019. – xvii + 281 p. – 1 vol. relié de 16 × 24 cm. – isbn 978-90-04-38235-0.

Rothen (François), *Science, orgueil et préjugés : de quelques controverses qui ont marqué l'histoire du savoir aux polémiques scientifiques d'aujourd'hui*. – Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, 2020. – 296 p. – 1 vol. broché de 13,50 × 21,00 cm. – 18,90 €. – isbn 978-2-88915-341-1.

Ryden (Barbara) - Peterson (Bradley M.), *Foundations of Astrophysics*. – Cambridge : Cambridge University Press, 2020. – 610 p. – 1 vol. relié de 19,50 × 25,00 cm. – 64,00 $. – isbn 978-1-108-83195-6.

Scerri (Eric), *The Periodic Table : its Story and its Significance*. – 2d edition. – New York : Oxford University Press, 2020. – 472 p. – 1 vol. relié de 16,5 × 24,5 cm. – £ 22,99. – isbn 978-0-19-091436-3.

Schmit (Christophe), *La philosophie naturelle de Malebranche au XVIIIe siècle : inertie, causalité, petits tourbillons*. – Paris : Classiques Garnier, 2020. – 809 p. – (Histoire et philosophie des sciences, 21). – 1 vol. broché de 15 × 22 cm. – 58,00 €. – isbn 978-2-406-08733-5.

Scott (James C.), *Homo domesticus : une histoire profonde des premiers États* / préface de Jean-Paul Demoule ; traduit de l'anglais (États-Unis) par Marc Saint-Upéry. – Paris : La découverte, 2019. – 302 p. – 1 vol. broché de 15,5 × 24 cm. – 23,00 €. – isbn 978-2-7071-9923-2.

Seidengart (Jean), *L'univers infini dans le monde des Lumières*. – Paris : Les belles lettres, 2020. – 528 p. – 1 vol. broché de 15 × 21 cm. – 35,00 €. – isbn 978-2-251-45058-2.

Sentis (Remi), *Aux origines des sciences modernes : l'Église est-elle contre la science ?*. – Paris : Les éditions du Cerf, 2020. – 272 p. – 1 vol. broché de 13,50 × 21,00 cm. – 22,00 €. – isbn 978-2-204-13762-1.

Shea (William René), *Ce que Galilée dit à Milton : dialogue entre le savant et le poète*. – Paris : Les belles lettres ; Montréal : Éditions Liber, 2021. – 102 p. – 1 vol. broché de 15 × 20 cm. – 17,00 €. – isbn 978-2-251-45230-2.

Sider (Téodore), *The Tolls of Metaphysics and the Metaphysics of Science*. – Oxford : Oxford University Press, 2020. – 233 p. – 1 vol. relié de 15,5 × 24 cm. – £ 35,00. – isbn 978-0-19-881156-5.

Sigmund (Karl), *Pensée exacte au bord du précipice : une histoire du Cercle de Vienne*. – Genève : Éditions Markus Haller, 2021. – 495 p. – 1 vol. broché de 14 × 22,5 cm. – 28,00 €. – isbn 978-2-940427-45-1.

Simon (Gérard), *Kepler, rénovateur de l'optique* / édition par Delphine Bellis et Nicolas Roudet ; préface d'Édouard Mehl. – Paris : Classiques Garnier, 2019. – 208 p. – (Histoire et philosophie des sciences, 19). – 1 vol. broché de 15 × 22 cm. – 27,00 €. – isbn 978-2-406-08013-8.

Smith (George E.) - Seth (Raghav), *Brownian Motion and Molecular Reality : A Study in Theory-Mediated Measurement*. – New-York : Oxford University Press, 2020. – xv, 450 p. – 1 vol. relié de 16 × 24,5 cm. – isbn 978-0-19-009802-5.

Sorokina (Maria), *Les sphères, les astres et les théologiens : l'influence céleste entre science et foi dans les commentaires des Sentences (v. 1220 - v. 1340)*. Tome 1 : *Une influence ordinaire*. Tome 2 : *Une influence « hors normes »*. – Turnhout : Brepols, 2021. – xxvi, 1306 p. – 2 vol. reliés de 16 × 24 cm. – 120,00 €. – isbn 978-2-503-59086-8.

Spagnou (Pierre), *Le trésor des ondes gravitationnelles*. – Paris : CNRS éditions, 2020. – 214 p. – 1 vol. broché de 15 × 23 cm. – 25,00 €. – isbn 978-2-271-12422-7.

Taranto (Pascal), *Joseph Priestley, matière et esprit au siècle des Lumières*. – Paris : Honoré Champion éditeur, 2020. – 402 p. – (Libre pensée et littérature clandestine ; 77). – 1 vol. relié de 15,5 × 23,5 cm. – isbn 978-2-7453-5427-3.

Tenenbaum (Gérald), *Des mots & des maths*. – Paris : Odile Jacob, 2019. – 216 p. – 1 vol. broché de 14,5 × 22 cm. – 21,90 €. – isbn 978-2-7381-4900-8.

Uzan (Jean-Philippe) - Leclercq (Bénédicte), *L'importance des constantes : de la mesure au cosmos*. – 2e édition. – Malakoff : Dunod, 2020. – 256 p. – 1 vol. broché de 14 × 21,5 cm. – 19,90 €. – isbn 978-2-10-079559-8.

Viennot (Laurence) – Décamp (Nicolas), *L'apprentissage de la critique : développer l'analyse critique en physique*. – Les Ulis : EDP sciences ; Grenoble : UGA éditions, 2019. – 204 p. – (Enseigner les sciences). – 1 vol. broché de 16 × 24 cm. – 25,00 €. – isbn 978-2-7598-2355-0.

Vignaud (Laurent-Henri), *Histoire des sciences et des techniques : XVIe-XVIIIe siècle*. – Paris : Armand Colin, 2020. – 400 p. – (Mnémosya). – 1 vol. broché de 17 × 24 cm. – isbn 978-2-200-63014-0.

Weill-Parot (Nicolas), *Le vol dans les airs au Moyen Âge : essai historique sur une utopie scientifique*. – Paris : Les belles lettres, 2020. – 240 p. – 1 vol. broché de 15,00 × 21,50 cm. – 24,50 €. – isbn 978-2-251-45103-9.

Whitaker (Andrew), *John Stewart Bell and Twentieth-Century Physics : Vision and Integrity*. – New-York : Oxford University Press, 2020. – xvi, 460 p. – 1 vol. broché de 14 × 21,5 cm. – isbn 978-0-19-886126-3.

Wolfe (Charles), *La philosophie de la biologie avant la biologie : une histoire du vitalisme*. – Paris : Classiques Garnier, 2019. – 514 p. – (Histoire et philosophie des sciences, 20). – 1 vol. broché de 15 × 22 cm. – 56,00 €. – isbn 978-2-406-08072-5.

Zambelli (Paola), *Alexandre Koyré, un juif errant ?* / traduit par Irène Imbart. – Florence : Museo Galileo, 2021. – xv, 241 p. (version électronique).

CONDITIONS D'ABONNEMENT (2022, VOL. 193)

L'abonnement est annuel, à partir de janvier, et court jusqu'à ordre contraire.
Depuis le 1er juillet 2020 - «Régime particulier de franchise des petites entreprises»
Aucune TVA ne peut être portée en compte aux clients.

En Belgique et au Luxembourg	51,89 €
abonnement de soutien	150,00 €
abonnement étudiant	30,00 €
Pour la France	61,33 €
Pour les autres pays	75,48 €
Prix au numéro trimestriel	20,00 à 30,00 €
Pour paiement par chèque	ajouter 35,00 €

SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES :

61, rue de Bruxelles – 5000 Namur – Belgique
Bpost banque SA
Rue du Marquis, 1, boîte 2 – 1000 Bruxelles
BIC : BPOTBEB1
IBAN : BE62 0004 7076 6561
TVA : BE 0407 654 574

Revue publiée avec l'aide financière

- du Fonds National de la Recherche Scientifique
- de l'Université de Namur (ESPHIN)
- du Fonds Wernaers

Ioannis Kepleri, Mathematici Cæsarei, hanc Imaginem, Argentoratensi Bibliothecæ, Consecr, Matthias Berneccervs. Kal. Ianuar. Anno Chr. M. DC. XXVII.



BELGE SCIENCES PLURIDISCIPLINAIRE PHILOSOPHIE HISTOIRE

FRANCOPHONE

HAUTE VULGARISATION ACCESSIBLE INFORMATIONS VALIDÉES SCIENTIFIQUE



Revue des

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

ISSN 0035-2160

Actualité, histoire et philosophie des sciences

Tome 192 - 2021 - N°3-4

www.rqs.be

CE NUMÉRO : 30 €